

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 4月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-114839

出 願 人

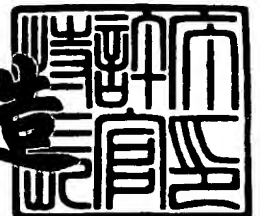
Applicant(s):

アルプス電気株式会社

2001年 6月 4日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3052070

【書類名】 特許願

【整理番号】 01A046AL

【提出日】 平成13年 4月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/31

【発明の名称】 軟磁性膜とこの軟磁性膜を用いた薄膜磁気ヘッド、なら
びに前記軟磁性膜の製造方法と前記薄膜磁気ヘッドの製
造方法

【請求項の数】 29

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 川崎 光雄

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 金田 吉弘

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

【識別番号】 100085453

【弁理士】

【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-169078

【出願日】 平成12年 6月 1日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041070

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708166

【プールの可否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 軟磁性膜とこの軟磁性膜を用いた薄膜磁気ヘッド、ならびに前記軟磁性膜の製造方法と前記薄膜磁気ヘッドの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上の元素 α を含有するFeNi系合金であり、前記元素 α の組成比が1質量%を越え、10質量%未満であることを特徴とする軟磁性膜。

【請求項2】 前記元素 α の組成比が、1.58質量%以上で4.90質量%以下である請求項1記載の軟磁性膜。

【請求項3】 Feの組成比が55質量%以上で90質量%以下である請求項1または2に記載の軟磁性膜。

【請求項4】 Feの組成比が72質量%以上である請求項3記載の軟磁性膜。

【請求項5】 Feの組成比が68質量%以上である請求項4記載の軟磁性膜。

【請求項6】 組成式が $Fe_dNi_e\alpha_f$ （ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上）で示され、Feの組成比dは58質量%以上で77質量%以下、Niの組成比eは18質量%以上で37質量%以下、元素 α の組成比fは、1質量%以上で12質量%以下であり、 $d+e+f=100$ 質量%であることを特徴とする軟磁性膜。

【請求項7】 組成式が $Fe_XNi_Y\alpha_Z$ （ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上）で示され、Feの組成比Xは65質量%以上で74質量%以下、Niの組成比Yは25質量%以上で34質量%以下、元素 α の組成比Zは、1質量%以上で7質量%以下であり、 $X+Y+Z=100$ 質量%であることを特徴とする軟磁性膜。

【請求項8】 前記元素 α は、Pdである請求項1ないし7のいずれかに記載の軟磁性膜。

【請求項9】 前記元素 α は、Rhである請求項1ないし7のいずれかに記載の軟磁性膜。

【請求項 1 0】 磁性材料製の下部コア層と、前記下部コア層上に形成され、絶縁材料からなるギャップ層と、前記ギャップ層上に形成され、良導電材料からなるコイル層と、前記コイル層を覆う絶縁層と、前記絶縁層上に形成された上部コア層とを有し、

前記上部コア層と下部コア層のうち少なくとも一方は、請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載された軟磁性膜より形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 1】 前記下部コア層上には記録媒体との対向面で下部磁極層が隆起形成され、前記下部磁極層が前記軟磁性膜により形成されている請求項 1 0 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 2】 下部コア層及び上部コア層と、前記下部コア層と上部コア層との間に位置し且つトラック幅方向の幅寸法が前記下部コア層及び上部コア層よりも短く規制された磁極部とを有し、

前記磁極部は、下部コア層と連続する下部磁極層、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記下部磁極層と前記上部磁極層間に位置するギャップ層とで構成され、あるいは前記磁極部は、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記上部磁極層と下部コア層との間に位置するギャップ層とで構成され、

前記上部磁極層及び／または下部磁極層は、請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載された軟磁性膜により形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 3】 前記上部磁極層及び／または下部磁極層は、請求項 7 に記載された軟磁性膜により形成されている請求項 1 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 4】 前記コア層は、少なくとも磁気ギャップに隣接する部分が 2 層以上の磁性層から成り、あるいは前記磁極層が 2 層以上の磁性層から成り、前記磁性層のうち前記磁気ギャップに接する磁性層が、前記軟磁性膜により形成されている請求項 1 0 ないし 1 3 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 5】 Pd を含有する FeNi 系合金を電解メッキ法によりメッキ形成する方法であって、電解メッキ工程において、Fe イオンと Ni イオンを含有するメッキ浴を用い、前記メッキ浴は、PdCl₂ が添加されたものであり、前記メッキ浴全体に対する PdCl₂ の添加量が、0.01 g/l 以上で 0.

1 g / l 以下であることを特徴とする軟磁性膜の製造方法。

【請求項 1 6】 Rh を含有する Fe Ni 系合金を電解メッキ法によりメッキ形成する方法であって、電解メッキ工程において、Fe イオンと Ni イオンを含有するメッキ浴を用い、前記メッキ浴には Rh の含有率が 1 0 0 g / l である強酸性 Rh 添加液を添加して、前記メッキ浴全体に対する Rh 添加液の添加量が、0. 1 g / l 以上で 0. 2 g / l 以下であることを特徴とする軟磁性膜の製造方法。

【請求項 1 7】 パルス電流を用いた電気メッキ法により、Pd を含有する Fe Ni 系合金あるいは Rh を含有する Fe Ni 系合金をメッキ形成する請求項 1 5 または 1 6 に記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 1 8】 メッキ浴中の Fe イオン濃度を、1. 0 g / l 以上で 1 0 g / l 以下とし、Ni イオン濃度を 5 g / l 以上で 4 0 g / l 以下とし、元素 α (ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Pt のうち 1 種または 2 種以上) のイオン濃度を 0. 0 1 g / l 以上で 0. 2 g / l 以下とし、パルス電流を用いた電気メッキ法により Fe Ni α 合金をメッキ形成することを特徴とする軟磁性膜の製造方法。

【請求項 1 9】 前記 Ni イオン濃度を 1 5 g / l 以下にする請求項 1 8 記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 2 0】 前記 Ni イオン濃度を 1 0 g / l 以下にする請求項 1 9 記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 2 1】 前記元素 α のイオン濃度を 0. 0 1 g / l 以上で 0. 0 5 g / l 以下にする請求項 1 8 ないし 2 0 のいずれかに記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 2 2】 メッキ浴中にサッカリンナトリウムを混入する請求項 1 5 ないし 2 1 のいずれかに記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 2 3】 前記メッキ浴中に 2 - ブチン - 1、4 ジオールを混入する請求項 1 5 ないし 2 2 のいずれかに記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 2 4】 前記メッキ浴中に 2 - エチルヘキシル硫酸ナトリウムを混入する請求項 1 5 ないし 2 3 のいずれかに記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 2 5】 磁性材料製の下部コア層と、記録媒体との対向面で前記下部コア層と磁気ギャップを介して対向する上部コア層と、両コア層に記録磁界を誘導するコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

少なくとも一方のコア層を、請求項 1 5 ないし 2 4 のいずれかに記載された製造方法による軟磁性膜でメッキ形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 6】 前記下部コア層上に記録媒体との対向面で下部磁極層を隆起形成し、前記下部磁極層を前記軟磁性膜でメッキ形成する請求項 2 5 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 7】 下部コア層及び上部コア層と、前記下部コア層と上部コア層との間に位置し且つトラック幅方向の幅寸法が前記下部コア層及び上部コア層よりも短く規制された磁極部とを有し、

前記磁極部を、下部コア層と連続する下部磁極層、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記下部磁極層と前記上部磁極層間に位置するギャップ層とで形成し、あるいは前記磁極部を、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記上部磁極層と下部コア層との間に位置するギャップ層とで形成し、

このとき前記上部磁極層及び／または下部磁極層を、請求項 1 5 ないし 2 4 のいずれかに記載された製造方法による軟磁性膜でメッキ形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 8】 前記上部磁極層及び／または下部磁極層を、請求項 1 9 ないし 2 1 のいずれかに記載された製造方法による軟磁性膜でメッキ形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 9】 前記コア層を、少なくとも磁気ギャップに隣接する部分で 2 層以上の磁性層で形成し、あるいは前記磁極層を 2 層以上の磁性層で形成し、このとき前記磁性層のうち前記磁気ギャップに接する磁性層を、前記軟磁性膜によりメッキ形成する請求項 2 5 ないし 2 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、FeNi系合金からなる軟磁性膜に係わり、特に、高い飽和磁束密度Bsと高耐食性とを両立する軟磁性膜とこの軟磁性膜を用いた薄膜磁気ヘッド、ならびに前記軟磁性膜の製造方法と前記薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の軟磁性膜は、Feの組成比が約55質量%、Niの組成比が約45質量%であるFeNi系合金であり、飽和磁束密度Bsは、1.6T程度であった。

【0003】

このような軟磁性膜は、薄膜磁気ヘッドに用いられ、図1に示すように、薄膜磁気ヘッドの記録用ヘッド部h2は、下部コア層7および上部コア層10が軟磁性膜からなり、下部コア層7と上部コア層10は、コイル層9を介して対向している。

【0004】

記録用ヘッド部h2において、コイル電流により上部コア層10、下部コア層7に記録磁界が誘導され、上部コア層10と下部コア層7間の洩れ磁界により磁気ディスクに記録信号が付与される。高記録密度化のためには、上部コア層10、下部コア層7とする軟磁性膜の飽和磁束密度Bsを高めることが望まれる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

FeNi系合金からなる軟磁性膜は、Feの組成比を上げて、高飽和磁束密度とすることができるが、Feの組成比が高いと、耐食性が劣化するといった問題が発生した。

【0006】

特に今後の高記録密度化に伴い、薄膜磁気ヘッドの狭トラック化が進むと、非常に狭い領域に、高飽和磁束密度を有し且つ耐食性に優れた磁極層を形成しなければならなくなる。

【0007】

したがって、従来一般的に使用されてきたNiFe系合金では、高記録密度化

に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することが困難となっていた。

【0008】

そこで本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、高い耐食性を有し、さらには、高飽和磁束密度である軟磁性膜を提供することを目的としている。

【0009】

また本発明は、狭トラック化においても高飽和磁束密度を有し且つ耐食性に優れた軟磁性膜を薄膜磁気ヘッドのコア層や磁極層に使用し、高記録密度化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを提供することを目的としている。

【0010】

さらに本発明は、高飽和磁束密度を有し且つ耐食性に優れた軟磁性膜を容易に且つ再現性良く形成することが可能な軟磁性膜の製造方法及びこの軟磁性膜を用いた薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明における第1の軟磁性膜は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上の元素 α を含有するFeNi系合金であり、前記元素 α の組成比が1質量%を越え、10質量%未満であることを特徴とするものである。

【0012】

前記軟磁性膜は、Ni及びFeにより磁性が担われており、前記元素 α を含有することにより、Feの組成比が同等であり前記元素 α を含まないものと比べて、耐食性を向上させることができる。前記元素 α の組成比が1質量%以下であると、耐腐食性向上の効果が得られず、一方、前記元素 α の組成比が10質量%以上であると、Fe量の減少による飽和磁束密度Bsの低下や、面粗れが大きくなり耐食性が低下しやすくなり好ましくない。

【0013】

本発明の軟磁性膜は、前記元素 α の組成比が、1.58質量%以上で4.90質量%以下である。このような軟磁性膜では、高飽和磁束密度を確保できるとと

もに、耐食性の双方の向上を適切に図ることができる。

【 0 0 1 4 】

また、本発明の軟磁性膜は、前記 Fe の組成比が 5 5 質量%以上で 9 0 質量%以下である。また、本発明の軟磁性膜は、前記 Fe の組成比が 7 2 質量%以上である。また、本発明の軟磁性膜は、前記 Fe の組成比が 6 8 質量%以上である。

【 0 0 1 5 】

このような軟磁性膜では、Fe の組成比が同等であり元素 α を含まない軟磁性膜と比較して、耐食性の向上が顕著に現れる。また、耐食性の劣化を伴うことなく、Fe の組成比を増加させ、従来の軟磁性膜よりも高飽和磁束密度とすることができる。

【 0 0 1 6 】

次に本発明における第 2 の軟磁性膜は、組成式が $\text{Fe}_d\text{Ni}_e\alpha_f$ (ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Pt のうち 1 種または 2 種以上) で示され、Fe の組成比 d は 5 8 質量%以上で 7 7 質量%以下、Ni の組成比 e は 1 8 質量%以上で 3 7 質量%以下、元素 α の組成比 f は、1 質量%以上で 1 2 質量%以下であり、 $d + e + f = 1 0 0$ 質量%であることを特徴とするものである。

【 0 0 1 7 】

この第 2 の軟磁性膜では、上記した第 1 の軟磁性膜よりも元素 α の組成範囲が若干広がり、その一方で Fe の組成比は、第 1 の軟磁性膜よりも限定された範囲内となっている。この第 2 の軟磁性膜では、高飽和磁束密度で且つ耐食性の双方をより適切に図ることが可能になっている。

【 0 0 1 8 】

この軟磁性膜では、高い飽和磁束密度 B_s 、具体的には 1. 8 T 以上の飽和磁束密度 B_s を得ることができ、また耐食性に優れ膜面の面粗れも小さい。膜面の中心線平均粗さを 1 0 nm 以下に抑えることができる。

【 0 0 1 9 】

またこの軟磁性膜では元素 α の組成比を、1 2 質量%にまで大きくすることができるが、これはメッキ浴組成の Ni 濃度を低濃度にしたこと等が原因である。

第2の軟磁性膜では12質量%程度まで元素 α を入れても膜面の中心線平均粗さ R_a を10nm以下に抑えることができるが、これ以上元素 α を入れると面粗れが激しくなり、さらにFe量の減少によって飽和磁束密度 B_s の低下を招きやすくなるので好ましくない。

【0020】

上記した第2の軟磁性膜では約1.8T以上の飽和磁束密度 B_s を得ることができ、また膜面の中心線平均粗さ R_a を約10nm以下に小さくでき、高飽和磁束密度と耐食性の向上の双方を適切に確保することが可能な軟磁性膜を製造できるが、本発明者らはさらに実験を重ねた結果、さらに好ましい第3の軟磁性膜の製造に成功した。それが以下の軟磁性膜である。

【0021】

本発明における第3の軟磁性膜は、組成式が $Fe_XNi_Y\alpha_Z$ （ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上）で示され、Feの組成比Xは65質量%以上で74質量%以下、Niの組成比Yは25質量%以上で34質量%以下、元素 α の組成比Zは、1質量%以上で7質量%以下であり、 $X+Y+Z=100$ 質量%であることを特徴とするものである。

【0022】

この第3の軟磁性膜の組成範囲は、第2の軟磁性膜の組成範囲をさらに限定・適正化したものである。この第3の軟磁性膜では、さらに高い飽和磁束密度 B_s 、具体的には1.9T以上、組成によっては2T以上の飽和磁束密度 B_s を得ることができる。しかも耐食性により優れ膜面の面粗れをさらに小さくできる。この第3の軟磁性膜では膜面の中心線平均粗さを5nm以下に抑えることができる。

【0023】

以上説明した本発明の軟磁性膜は、前記元素 α が、Pdであることが好ましい。後述の実験により、 $FeNiPd$ からなる軟磁性膜では、飽和磁束密度 B_s や比抵抗等の膜特性がPdを含まないNiFeと同等であり、これら膜特性を保持したまま耐食性を向上することができることがわかった。

【 0 0 2 4 】

また本発明の軟磁性膜は、前記元素 α が、Rhであることが好ましい。FeNiRhからなる軟磁性膜では、Pdを含有する場合と同様に、飽和磁束密度Bsなどの膜特性を良好に保ちながら耐食性を向上することができる。

【 0 0 2 5 】

次に本発明における薄膜磁気ヘッドは、磁性材料製の下部コア層と、前記下部コア層上に形成され、絶縁材料からなるギャップ層と、前記ギャップ層上に形成され、良導電材料からなるコイル層と、前記コイル層を覆う絶縁層と、前記絶縁層上に形成された上部コア層とを有し、

前記上部コア層と下部コア層のうち少なくとも一方は、上記のいずれかに記載された軟磁性膜より形成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 2 6 】

また本発明では、前記下部コア層上には記録媒体との対向面で下部磁極層が隆起形成され、前記下部磁極層が前記軟磁性膜により形成されていることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

また本発明における薄膜磁気ヘッドは、下部コア層及び上部コア層と、前記下部コア層と上部コア層との間に位置し且つトラック幅方向の幅寸法が前記下部コア層及び上部コア層よりも短く規制された磁極部とを有し、

前記磁極部は、下部コア層と連続する下部磁極層、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記下部磁極層と前記上部磁極層間に位置するギャップ層とで構成され、あるいは前記磁極部は、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記上部磁極層と下部コア層との間に位置するギャップ層とで構成され、

前記上部磁極層及び／または下部磁極層は、上記のいずれかに記載された軟磁性膜により形成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 2 8 】

なお本発明では、前記上部磁極層及び／または下部磁極層は、上記した第3の軟磁性膜により形成されていることが好ましい。

【 0 0 2 9 】

また本発明では、前記コア層は、少なくとも磁気ギャップに隣接する部分が2層以上の磁性層から成り、あるいは前記磁極層が2層以上の磁性層から成り、前記磁性層のうち前記磁気ギャップに接する磁性層が、前記軟磁性膜により形成されていることが好ましい。

【0030】

上記したように本発明における第1、第2及び第3の軟磁性膜では、高い飽和磁束密度 B_s を有し、且つ耐食性に優れ膜面の面粗れも小さい。このような軟磁性膜を薄膜磁気ヘッドのコア材として使用することで、ギャップ近傍での磁束の集中を図り、高記録密度化を促進させることができる。また耐食性に優れるため、大気中の湿度や、薄膜磁気ヘッドの工程中に使用される薬品ガス等によるコア層や磁極層の損傷を防ぐことができる。またコア層及び磁極層の耐食性が高いので、前記コア層及び磁極層を覆う保護膜の厚さは薄くても良く、前記コア層及び磁極層を磁気ディスク面に近づけた状態で、磁気ディスクに記録磁界を付与することができる。

【0031】

特に第3の軟磁性膜、すなわち飽和磁束密度 B_s が約1.9 T以上で、しかも膜面の中心線平均粗さが5 nm以下である軟磁性膜を、薄膜磁気ヘッドの上記した下部磁極層及び／または上部磁極層として使用することで狭トラック化における極めて狭い領域内に、飽和磁束密度 B_s が非常に高く、しかも平滑性に優れた磁極層を形成することができ、今後の高記録密度化に適切に対応可能で且つ耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することが可能になっている。

【0032】

次に本発明の第1の軟磁性膜の製造方法は、Pdを含有するFeNi系合金を電解メッキ法により成膜する方法であって、電解メッキ工程において、FeイオンとNiイオンを含有するメッキ浴を用い、前記メッキ浴は、 $PdCl_2$ が添加されたものであり、前記メッキ浴全体に対する $PdCl_2$ の添加量が、0.01 g/l以上で0.10 g/l以下であることを特徴とするものである。

【0033】

上記の軟磁性膜の製造方法では、 $PdCl_2$ を添加したメッキ浴を用いること

により、Pdを含有するFeNi系合金を形成でき、Pdの組成比を1質量%を越え、10質量%未満にでき、Pdを含有することにより、高い耐食性を有する軟磁性膜を製造することができる。

【0034】

また、本発明の第1の軟磁性膜の製造方法は、Rhを含有するFeNi系合金を電解メッキ法により成膜する方法であって、電解メッキ工程において、FeイオンとNiイオンを含有するメッキ浴を用い、前記メッキ浴にはRhの含有率が100g/lである強酸性Rh添加液を添加して、前記メッキ浴全体に対するRh添加液の添加量が、0.1g/l以上で0.2g/l以下であることを特徴とするものである。

【0035】

上記の軟磁性膜の製造方法では、強酸性Rh添加液を添加したメッキ浴を用いることにより、Rhを含有するFeNi系合金を形成でき、Rhの組成比を1質量%を越え、10質量%未満にでき、Rhを含有することにより、高い耐食性を有する軟磁性膜を製造することができる。

【0036】

また上記した製造方法では、パルス電流を用いた電気メッキ法により、Pdを含有するFeNi系合金あるいはRhを含有するFeNi系合金をメッキ形成することが好ましい。

【0037】

パルス電流を用いた電気メッキ法では、例えば電流制御素子のON/OFFを繰返し、メッキ形成時に、電流を流す時間と、電流を流さない空白な時間を設ける。このように電流を流さない時間を設けることで、FeNiPdやFeNiRh合金膜を、少しずつメッキ形成し、直流電流を用いた電気メッキ法に比べメッキ形成時における電流密度の分布の偏りを緩和することが可能になっている。パルス電流による電気メッキ法によれば直流電流による電気メッキ法に比べて軟磁性膜中に含まれるFe含有量の調整が容易になり、前記Fe含有量を膜中に多く取り込むことができる。

【0038】

次に本発明における第2の軟磁性膜の製造方法は、メッキ浴中のFeイオン濃度を、 1.0 g/l 以上で 10 g/l 以下とし、Niイオン濃度を 5 g/l 以上で 40 g/l 以下とし、元素 α （ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上）のイオン濃度を 0.01 g/l 以上で 0.2 g/l 以下とし、パルス電流を用いた電気メッキ法によりFeNi α 合金をメッキ形成することを特徴とするものである。

【0039】

この製造方法では、Niイオン濃度を 5 g/l 以上で 40 g/l 以下に限定している。従来では、Niイオン濃度は 40 g/l 程度であり、本発明では、従来よりもNiイオン濃度を低濃度に設定することで、カソード（メッキされる側）表面上に振れるメッキ液のNiイオンを減らすことができ攪拌効果の向上により、FeNi α 合金中に含まれるFe量及び元素 α 量を増やすことができ、Feの組成比dが58質量%以上で77質量%以下、Niの組成比eが18質量%以上で37質量%以下、元素 α の組成比fが、1質量%以上で12質量%以下となるFe_dNi_e α _f合金を容易にしかも再現性良く形成することが可能になっている。

【0040】

なお本発明では、前記Niイオン濃度を 15 g/l 以下にし、あるいは前記Niイオン濃度を 10 g/l 以下にすることが好ましい。

【0041】

さらにまた前記元素 α のイオン濃度を 0.01 g/l 以上で 0.05 g/l 以下にすることが好ましい。

【0042】

このようにNiイオン濃度及び元素 α のイオン濃度をさらに限定することで、第3の軟磁性膜、すなわちFeの組成比Xが65質量%以上で74質量%以下、Niの組成比Yが25質量%以上で34質量%以下、元素 α の組成比Zが、1質量%以上で7質量%以下となるFe_XNi_Y α _Z合金を容易にしかも再現性良く形成することが可能になる。

【0043】

また本発明では、FeNi α 合金のメッキ浴中にサッカリンナトリウムを混入することが好ましい。サッカリンナトリウム(C₆H₄CONNaSO₂)は応力緩和剤としての役割を有しており、したがって前記サッカリンナトリウムを混入することでFeNi α 合金の膜応力を低減させることが可能である。

【0044】

また本発明では、前記メッキ浴中に、2-ブチン-1、4ジオールを混入することが好ましい。これによってメッキ形成されたFeNi α 合金の結晶粒径の粗大化は抑制され、前記結晶粒径が小さくなることで結晶間に空隙が生じ難くなり、膜面の面粗れが抑制される。面粗れを抑制できることで保磁力H_cを小さくすることも可能になる。

【0045】

また本発明では、前記メッキ浴中に2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムを混入することが好ましい。これによってメッキ浴中に生じる水素は、界面活性剤である2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムによって除去され、前記水素がメッキ膜に付着することによる面粗れを抑制できる。

【0046】

また前記2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムに代えて、ラウリル硫酸ナトリウムを用いても良いが、2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムを用いた方が、メッキ浴中に混入したときの泡立ちが少なく、したがって前記2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムをメッキ浴中に多く混入することができ、前記水素の除去をより適切に行うことが可能になる。

【0047】

次に本発明は、磁性材料製の下部コア層と、記録媒体との対向面で前記下部コア層と磁気ギャップを介して対向する上部コア層と、両コア層に記録磁界を誘導するコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

少なくとも一方のコア層を、上記のいずれかに記載された製造方法による軟磁性膜でメッキ形成することを特徴とするものである。

【0048】

また本発明では、前記下部コア層上に記録媒体との対向面で下部磁極層を隆起

形成し、前記下部磁極層を前記軟磁性膜でメッキ形成することが好ましい。

【0049】

また本発明における薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部コア層及び上部コア層と、前記下部コア層と上部コア層との間に位置し且つトラック幅方向の幅寸法が前記下部コア層及び上部コア層よりも短く規制された磁極部とを有し、

前記磁極部を、下部コア層と連続する下部磁極層、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記下部磁極層と前記上部磁極層間に位置するギャップ層とで形成し、あるいは前記磁極部を、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記上部磁極層と下部コア層との間に位置するギャップ層とで形成し、

このとき前記上部磁極層及び／または下部磁極層を、上記のいずれかに記載された製造方法による軟磁性膜でメッキ形成することを特徴とするものである。

【0050】

なお前記上部磁極層及び／または下部磁極層を、第3の軟磁性膜を形成するための製造方法でメッキ形成することが好ましい。

【0051】

また本発明では、前記コア層を、少なくとも磁気ギャップに隣接する部分で2層以上の磁性層で形成し、あるいは前記磁極層を2層以上の磁性層で形成し、このとき前記磁性層のうち前記磁気ギャップに接する磁性層を、前記軟磁性膜によりメッキ形成することが好ましい。

【0052】

前記薄膜磁気ヘッドを構成するコア層及び磁極層を上記した製造方法で製造された軟磁性膜を用いてメッキ形成することで、飽和磁束密度 B_s が高いコア層及び磁極層を形成でき、よって高記録密度化を図ることができ、また耐食性にも優れた薄膜磁気ヘッドを歩留まり良く製造することが可能になっている。

【0053】

またメッキ浴中のNiイオン濃度を下げることで攪拌効果を向上させることができ、これは磁極層のように極めて狭い領域内に軟磁性膜をメッキ形成するときメッキ形成面へのFeイオンや元素 α イオンの出入り（置換）を高めることができ、従って従来に比べて高い飽和磁束密度を有し且つ平滑性にも優れた軟磁性

膜を極めて狭い領域内に容易にしかも再現性良くメッキ形成することが可能になっている。

【 0 0 5 4 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態の第 1 の軟磁性膜は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上の元素 α を含有するFeNi系合金であり、前記元素 α の組成比が1質量%を越え、10質量%未満である軟磁性膜である。

【 0 0 5 5 】

このように本発明ではPdなどの貴金属である元素 α をNiFe合金膜に添加することで溶剤などに曝されてもイオン化し難い膜を形成することができ耐食性の向上を図ることができる。ただし元素 α 量が多すぎると、Fe量の低下に基づく飽和磁束密度Bsの低下や膜面の面粗れがひどくなり効果的に耐食性の向上を図ることができなくなる。

【 0 0 5 6 】

そこで本発明では後述する実験の結果、前記元素 α の組成比を1質量%よりも大きく10質量%よりも小さい範囲と設定した。

【 0 0 5 7 】

なお上記第 1 の軟磁性膜における前記元素 α の組成比は、1.58質量%以上で4.90質量%以下であることが好ましい。

【 0 0 5 8 】

またFe量は主として飽和磁束密度Bsに寄与し、前記Fe量が多いほど飽和磁束密度Bsを高めることができるが、あまり多くなりすぎると膜面の面粗れがひどくなり耐食性が低下し、また飽和磁束密度Bsも低下しやすくなって好ましくない。

【 0 0 5 9 】

上記第 1 の軟磁性膜におけるFeの組成比は55質量%以上で90質量%以下であることが好ましく、より好ましくはFeの組成比が72質量%以上である。あるいはFeの組成比が68質量%以上である。

【0060】

これにより飽和磁束密度 B_s を 1.5 T 以上確保でき、また好ましくは 1.8 T 以上にすることができる。

【0061】

上記第1の軟磁性膜の具体的な組成比は、例えば以下の組成比に設定される。

Fe の組成比が約 51～74 質量%、Ni の組成比が約 24～46 質量%、Pd の組成比が 1.1～4.9 質量%であり、Fe、Ni 及び Pd の組成比を足した組成比は 100 質量%である。

【0062】

なお上記した組成範囲内で形成された FeNiPd 合金を用い、Pd を含まない FeNi 合金と特性を比較してみたところ、以下のような結果が得られた。なお以下の結果は、FeNiPd 合金、NiFe 合金の膜厚を約 $2\mu\text{m}$ として比較したときのものである。

【0063】

まず $\text{Fe}_a\text{Ni}_b\text{Pd}_{100-a-b}$ は、Fe の組成比 ($=a$) が 51～53 質量%であるとき、Pd の組成比 ($=100-a-b$) の増加に伴って耐食性が向上し、特に、Pd の組成比が 4.0 質量%以上であるとき、Fe の組成比が約 55 質量%であり、Pd を含まない従来の軟磁性膜 ($\text{Fe}_{55}\text{Ni}_{45}$) と比べて、耐食性が著しく向上することがわかった。

【0064】

上記 $\text{Fe}_a\text{Ni}_b\text{Pd}_{100-a-b}$ ($a=51\sim53$) の飽和磁束密度 B_s 、保磁力、異方性磁界、及び比抵抗、応力等の膜特性は、Pd の組成比 ($100-a-b$) による大きな影響を受けず、Fe の組成比が同等 ($=a$) であり Pd を含まない軟磁性膜 ($\text{Fe}_a\text{Ni}_{100-a}$) とほぼ同等に保持される。

【0065】

また $\text{Fe}_a\text{Ni}_b\text{Pd}_{100-a-b}$ は、Fe の組成比 ($=a$) が約 72 質量%であり、Pd の組成比 ($=100-a-b$) が約 3.5 質量%であるとき、Fe の組成比が約 72 質量%であり Pd を含まない軟磁性膜 ($\text{Fe}_{72}\text{Ni}_{28}$) と比べて、耐食性が著しく向上して、Fe の組成比が約 55 質量%であり、Pd を含まない従

来の軟磁性膜 ($\text{Fe}_{55}\text{Ni}_{45}$) よりも高い耐食性を示す。

【0066】

$\text{Fe}_a\text{Ni}_b\text{Pd}_{100-a-b}$ は、 Fe の組成比 ($=a$) が約 72 質量% を越えるとき、 Pd の組成比 ($=100-a-b$) が約 2 質量% 程度であれば、 Fe の組成比が約 72 質量% であり Pd を含まない軟磁性膜 ($\text{Fe}_{72}\text{Ni}_{28}$) と比べて耐食性が著しく向上し、 Fe の組成比が約 55 質量% であり、 Pd を含まない従来の軟磁性膜 ($\text{Fe}_{55}\text{Ni}_{45}$) の耐食性とほぼ同等になる。

【0067】

上記 $\text{Fe}_a\text{Ni}_b\text{Pd}_{100-a-b}$ ($a \geq 72$) の飽和磁束密度 B_s と比抵抗は、 Pd の組成比 ($100-a-b$) による大きな影響を受けず、飽和磁束密度 B_s は、 Fe の組成比が同等 ($=a$) であり Pd を含まない軟磁性膜 ($\text{Fe}_a\text{Ni}_{100-a}$) とほぼ同等に保持されて、約 1.9 T と高い値となる。

【0068】

上記のように、 $\text{Fe}_a\text{Ni}_b\text{Pd}_{100-a-b}$ は、 Fe の組成比が同等 ($=a$) であり、 Pd を含まない $\text{Fe}_a\text{Ni}_{100-a}$ に比べて耐食性が向上する。

【0069】

また、 Fe 組成比が高い $\text{Fe}_a\text{Ni}_b\text{Pd}_{100-a-b}$ の Pd の組成比と、 Fe の組成比が低い $\text{Fe}_{a'}\text{Ni}_{b'}\text{Pd}_{100-a'-b'}$ ($a > a'$) の Pd の組成比が同等であるとき ($100-a-b=100-a'-b'$)、 Fe 組成比が高い $\text{Fe}_a\text{Ni}_b\text{Pd}_{100-a-b}$ のほうが、 Pd を含有することによる耐食性の向上が顕著に現れる。

【0070】

次に、上記第 1 の軟磁性膜の他の具体的な実施形態について説明する。

本発明の第 1 の軟磁性膜は、膜厚が約 $2\mu\text{m}$ の FeNi 系合金であり、 Fe の組成比が約 75 質量%、 Ni の組成比が約 16 質量%、 Rh の組成比が約 9 質量% であり、 $\text{Fe}_{75}\text{Ni}_{16}\text{Rh}_9$ なる組成式を以て表される。

【0071】

前記 $\text{Fe}_{75}\text{Ni}_{16}\text{Rh}_9$ の耐食性は、 Fe の組成比が約 72 質量% であり Rh を含まない軟磁性膜 ($\text{Fe}_{72}\text{Ni}_{28}$) と比べて向上し、 Fe の組成比が約 72 質

量%、Pdの組成比が約3.5質量%であるFeNiPdの耐食性と同等となる。

【0072】

次に本発明における第2の軟磁性膜の組成比について説明する。

本発明における第2の軟磁性膜は、組成式が $\text{Fe}_d\text{Ni}_e\alpha_f$ （ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上）で示され、Feの組成比dは58質量%以上で77質量%以下、Niの組成比eは18質量%以上で37質量%以下、元素 α の組成比fは、1質量%以上で12質量%以下であり、 $d + e + f = 100$ 質量%であることを特徴とするものである。

【0073】

この第2の軟磁性膜においても、Pdなどの貴金属で構成される元素 α がNiFe合金中に含有されており、前記FeNi α 合金の耐食性は、前記元素 α を含まないNiFe合金に比べて優れている。

【0074】

第1の軟磁性膜では、前記元素 α の組成比は1質量%を越え、10質量%未満である組成範囲に設定されていたが、この第2の軟磁性膜での元素 α の組成比は1質量%以上で12質量%以下となっている。

【0075】

すなわち第2の軟磁性膜の方が第1の軟磁性膜に比べて元素 α の組成範囲を広げることが可能になっている。このように元素 α の組成範囲を広げることができる理由は製造方法にあり、メッキ浴中に含まれるNiイオン濃度を低濃度にし攪拌効果を上げたことが一つの大きな原因となっている。なお製造方法については後で詳しく説明することとする。

【0076】

なお元素 α の上限値を12質量%としたのは、これ以上前記元素 α が混入されると膜面の面粗れがひどくなり、耐食性の低下を伴うとともに、Fe量の低下によって飽和磁束密度Bsが低下しやすくなるからである。

【0077】

次に、第2の軟磁性膜のFe組成比及びNi組成比は、第1の軟磁性膜のそれよりも限定された範囲となっている。飽和磁束密度 B_s の向上のためにはFe量が重要であり、Fe量を多くすることで前記飽和磁束密度 B_s を高めることができるが、前記Fe量を77質量%よりも大きくすると膜面の面粗れがひどくなり耐食性の低下とともに飽和磁束密度 B_s も低下しやすくなる。一方、前記Fe量が58質量%よりも小さいと耐食性は良好であるが、飽和磁束密度 B_s が低下しやすくなる。

【0078】

上記した組成範囲内で形成された第2の軟磁性膜では、飽和磁束密度 B_s を1.8 T以上確保することができる。また耐食性に優れ、膜面の面粗れを小さくでき、具体的には膜面の中心線平均粗さ R_a を10 nm以下に抑えることができる。

【0079】

また上記の第2の軟磁性膜であると、保磁力 H_c を小さくでき、具体的には、500 (A/m) 以下にできる。また30 ($\mu\Omega/cm$) 以上の比抵抗を得ることができ、さらに異方性磁界 H_k に関しては、NiFe合金と同程度の異方性磁界 H_k を得ることができる。

【0080】

次に本発明の第3の軟磁性膜の組成比について説明する。

前記第3の軟磁性膜は、組成式が $Fe_xNi_y\alpha_z$ （ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上）で示され、Feの組成比 X は65質量%以上で74質量%以下、Niの組成比 Y は25質量%以上で34質量%以下、元素 α の組成比 Z は、1質量%以上で7質量%以下であり、 $X+Y+Z=100$ 質量%であることを特徴とするものである。

【0081】

この第3の軟磁性膜の組成比は、上記した第2の軟磁性膜の組成比をさらに限定・適正化したものである。

【0082】

前記第3の軟磁性膜では、前記第1及び第2の軟磁性膜に比べて、さらに高い

飽和磁束密度 B_s 、具体的には 1.9 T 以上、組成によっては 2.0 T 以上の飽和磁束密度 B_s を得ることができる。また膜面の面粗れも第 2 の軟磁性膜に比べて小さくすることができ、具体的には、膜面の中心線平均粗さ R_a を 5 nm 以下に抑えることができる。

【 0 0 8 3 】

上記した第 1、第 2 及び第 3 の軟磁性膜は、いずれも以下に説明する薄膜磁気ヘッドのコア材として使用することができる。

【 0 0 8 4 】

ハード磁気ディスク装置等に搭載される薄膜磁気ヘッドは、例えば図 1 に示すように再生用ヘッド部 h_1 と記録用ヘッド部 h_2 (インダクティブヘッド) とから構成された複合型薄膜磁気ヘッドであり、再生用ヘッド部 h_1 は、スライダ 1 の一端面 1 a にアルミナ等の下地層 15 を介して形成されており、FeNi 系合金からなる下部シールド層 2 と、アルミナ等からなり下部シールド層 2 を覆う下部ギャップ層 3 と、下部ギャップ層 3 上に形成された、異方性磁気抵抗効果 (AMR 効果)、巨大磁気抵抗効果 (GMR 効果)、あるいはトンネル型磁気抵抗効果 (TMR 効果) を利用した磁気抵抗効果素子 4 と、磁気抵抗効果素子 4 に電氣的に接続された電極層 5 と、アルミナ等からなり磁気抵抗効果素子 4 と電極層 5 を覆う上部ギャップ層 6 と、上部ギャップ層 6 上に形成された上部シールド層 7 とから構成されている。

【 0 0 8 5 】

再生用ヘッド部 h_1 上の記録用ヘッド部 h_2 は、下部コア層 7 が再生用ヘッド部 h_1 の上部シールド層 7 と兼用されて、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Pt のうち 1 種または 2 種以上の元素 α を含有する FeNi 系合金からなる軟磁性膜であり、アルミナや SiO_2 等の非磁性材料からなり下部コア層 7 上に形成されたギャップ層 8 と、Cu 等の良導電材からなりギャップ層 8 上にパターン形成されたコイル層 9 と、コイル層 9 上に塗布されたレジスト等の絶縁層 11 を介して形成された上部コア層 10 とを有し、上部コア層 10 は、下部コア層 7 と同様、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Pt のうち 1 種または 2 種以上の元素 α を含有する FeNi 系合金からなる軟磁性膜である。上部コ

ア層 1 0 の基端部 1 0 a は、上部シールド層 7 と兼用される下部コア層と磁氣的に接続された状態となっており、磁気ディスク対向面 1 b 側において、下部コア層 7 と上部コア層 1 0 がギャップ層 8 を挟持する間隔は、書き込みギャップ G となる。

【 0 0 8 6 】

このような薄膜磁気ヘッドの磁気ディスク対向面 1 b 側には、カーボンからなる保護膜 1 6 が形成されて、上部コア層 1 0 と下部コア層 7 は、保護膜 1 6 により覆われている。

【 0 0 8 7 】

次に、本発明の薄膜磁気ヘッドの駆動を説明する。

薄膜磁気ヘッドの駆動時には、コイル層 9 に記録電流が印加されて、記録電流により、上部コア層 1 0 及び下部コア層 7 に記録磁界が誘導される。このとき、記録磁界は、上部コア層 1 0 と下部コア層 7 を磁化困難軸方向に貫くので、上部コア層 1 0 と下部コア層 7 は、軟磁性膜の磁化困難軸方向における磁気特性を有する。

【 0 0 8 8 】

上部コア層 1 0 と下部コア層 7 に誘導された記録磁界は、書き込みギャップ G 間で洩れ磁界となり、洩れ磁界により記録媒体に磁気記録が付与される。

【 0 0 8 9 】

このような薄膜磁気ヘッドは、上部コア層 1 0 と下部コア層 7 が高い飽和磁束密度 B_s を有するので、高記録密度化に対応することができる。また、高記録周波数に対応するためには、上部コア層 1 0 と下部コア層 7 の比抵抗が高く、渦電流損失を抑えることが必要であるが、上部コア層 1 0 と下部コア層 7 の比抵抗は、従来と変わらず、高記録周波数特性を保持することができる。

【 0 0 9 0 】

前記上部コア層 1 0 及び下部コア層 7 は、既に説明した第 1 の軟磁性膜、第 2 の軟磁性膜、および第 3 の軟磁性膜のいずれかで形成される。

【 0 0 9 1 】

このうち特に第 2 の軟磁性膜か第 3 の軟磁性膜で、前記上部コア層 1 0 及び下

部コア層 7 を形成することが好ましい。第 2 の軟磁性膜を使用すれば飽和磁束密度 B_s を 1.8 T 以上にでき、また膜面の中心線平均粗さ R_a を 10 nm 以下に抑えることができるコア層を得ることができる。

【0092】

また第 3 の軟磁性膜であれば、飽和磁束密度 B_s を 1.9 T 以上にでき、また膜面の中心線平均粗さ R_a を 5 nm 以下に抑えることができるコア層を得ることができる。

【0093】

これによって前記コア層のギャップ近傍に磁束を集中させて記録密度を向上させることが可能になり、今後の高記録密度化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することが可能である。また前記薄膜磁気ヘッドは耐食性にも優れ、薄膜磁気ヘッドが製造工程中で使用される様々な溶剤に曝されても、前記薄膜磁気ヘッドの腐食を適切に抑制することが可能である。

【0094】

また上部コア層 10 及び下部コア層 7 の耐食性は高いので、上部、下部コア層を覆う保護膜 16 は薄くてもよく、上部、下部コア層を磁気ディスク面に近づけた状態で、磁気ディスクに記録磁界を付与することができる。

【0095】

なお上記の説明において、本発明の薄膜磁気ヘッドを複合型薄膜磁気ヘッドとして説明したが、記録用ヘッド部だけの記録専用薄膜磁気ヘッドでも良い。また、上記実施の形態では、上部コア層と下部コア層の両方を、本発明の軟磁性膜としたが、上部コア層と下部コア層のどちらかが、本発明の軟磁性膜であれば良い。

【0096】

本発明では、図 1 に示す構造以外の薄膜磁気ヘッドにも、上記した第 1、第 2 及び第 3 の軟磁性膜を使用することができる。以下に本発明における他の薄膜磁気ヘッドの構造について説明する。

【0097】

図 2 は本発明における他の薄膜磁気ヘッドの部分正面図、図 3 は、図 2 に示す

薄膜磁気ヘッドを一点鎖線から切断し矢印方向から見た部分縦断面図である。

【 0 0 9 8 】

再生用ヘッド部 h 1 の構造は図 1 と同じである。また図 2 及び図 3 に示す実施形態では、図 1 と同様に前記上部シールド層 7 が記録用ヘッド部 h 2 の下部コア層としても兼用されており、前記下部コア層 7 上には、G d 決め層 1 7 が形成され、記録媒体との対向面から前記 G d 決め層 1 7 の先端部までの長さ寸法でギャップデプス (G d) が規制される。前記 G d 決め層 1 7 は例えば有機絶縁材料で形成される。

【 0 0 9 9 】

また前記下部コア層 7 の上面 7 a は図 2 に示すように、磁極部 1 8 の基端からトラック幅方向 (図示 X 方向) に離れるにしたがって下面方向に傾く傾斜面で形成されており、これによりサイドフリンジングの発生を抑制することが可能である。

【 0 1 0 0 】

また図 3 に示すように、記録媒体との対向面から前記 G d 決め層 1 7 上にかけて磁極部 1 8 が形成されている。

【 0 1 0 1 】

前記磁極部 1 8 は下から下部磁極層 1 9、非磁性のギャップ層 2 0、及び上部磁極層 2 1 が積層されている。

【 0 1 0 2 】

前記下部磁極層 1 9 は、下部コア層 7 上に直接メッキ形成されている。また前記下部磁極層 1 9 の上に形成されたギャップ層 2 0 は、メッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されていることが好ましい。具体的には、Ni P、Ni P d、Ni W、Ni Mo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Cr のうち 1 種または 2 種以上から選択されたものであることが好ましい。

【 0 1 0 3 】

なお本発明における具体的な実施形態として前記ギャップ層 2 0 には Ni P が使用される。Ni P で前記ギャップ層 2 0 を形成することで前記ギャップ層 2 0 を適切に非磁性状態にできるからである。

【0104】

さらに前記ギャップ層20の上に形成された上部磁極層21は、その上に形成される上部コア層22と磁氣的に接続される。

【0105】

上記のようにギャップ層20がメッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されると、下部磁極層19、ギャップ層20及び上部磁極層21を連続メッキ形成することが可能である。

【0106】

なお前記磁極部18は、ギャップ層20及び上部磁極層21の2層で構成されていてもよい。

【0107】

図2に示すように、前記磁極部18はトラック幅方向（図示X方向）における幅寸法がトラック幅Twで形成されている。

【0108】

図2及び図3に示すように、前記磁極部18のトラック幅方向（図示X方向）の両側及びハイト方向後方（図示Y方向）には例えば無機絶縁材料からなる絶縁層23が形成されている。前記絶縁層23の上面は前記磁極部18の上面と同一平面とされる。

【0109】

図3に示すように、前記絶縁層23上にはコイル層24が螺旋状にパターン形成されている。また前記コイル層24上は有機絶縁材料製の絶縁層25によって覆われている。なお前記コイル層24は絶縁層を挟んで2層以上積層された構成であっても良い。

【0110】

図3に示すように、磁極部18上から絶縁層25上にかけて上部コア層22が例えばフレームメッキ法によりパターン形成されている。図2に示すように、前記上部コア層22の先端部22aは、記録媒体との対向面でのトラック幅方向における幅寸法がT1で形成され、かかる幅寸法T1はトラック幅Twよりも大きく形成されている。

【0111】

また図3に示すように、前記上部コア層22の基端部22bは、下部コア層7上に形成された磁性材料製の接続層（バックギャップ層）26上に直接接続されている。

【0112】

本発明では、前記上部磁極層21及び／または下部磁極層19が、上記した第1の軟磁性膜、第2の軟磁性膜および第3の軟磁性膜のいずれかで形成される。

【0113】

これら軟磁性膜は、いずれもTc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上の元素 α を含み、前記元素 α を含まないNiFe合金に比べて耐食性に優れる。また飽和磁束密度Bsなどの膜特性にも優れ、本発明のFeNi α 合金を磁極層として使用することで前記磁極層のギャップ近傍に磁束を集中させて記録密度を向上させることが可能になっている。

【0114】

ところで今後の高記録密度化が進むにつれて狭トラック化に対応可能な薄膜磁気ヘッドの構造が要望される。

【0115】

図2及び図3に示す薄膜磁気ヘッドは、下部コア層7と上部コア層22との間にトラック幅Twで形成された磁極部18が設けられており、前記磁極部18は前記コア層とは別工程で形成される。図2及び図3に示す薄膜磁気ヘッドの構造は、図1に示すような下部コア層7上にギャップ層8を介して上部コア層10を対向させる構造よりも、より適切に狭トラック化に対応可能なものとなっている。

【0116】

前記磁極部18のトラック幅方向（図示X方向）における幅寸法は、約0.1 μm ～0.5 μm 程度であることが好ましく、また奥行き（図示Y方向）の寸法もその程度であり、高さ寸法（図示Z方向）は、前記幅寸法の2倍から5倍程度である。

【0117】

このような極めて狭い空間に形成される磁極部 1 8 を構成する下部磁極層 1 9 及び上部磁極層 2 1 は、非常に高い飽和磁束密度 B_s が要求されると共に膜面の面粗れもより小さいことが好ましい。図 1 に示す薄膜磁気ヘッドのように比較的広い領域に形成される上部コア層 1 0 や下部コア層 7 の形成時には、さほど問題とならない面粗れでも図 2 の構造の薄膜磁気ヘッドでは、極めて狭い空間の中に耐食性に優れる所定形状の磁極層 1 9、2 1 を形成できなくなる。

【0 1 1 8】

従って図 2 及び図 3 のように、下部コア層 7 と上部コア層 2 2 間にトラック幅 T_w で形成された磁極部 1 8 を有する薄膜磁気ヘッドでは、前記上部磁極層 2 1 及び／または下部磁極層 1 9 を、上記した第 3 の軟磁性膜で形成することが好ましい。

【0 1 1 9】

すなわち前記上部磁極層 2 1 及び／または下部磁極層 1 9 を、組成式が $Fe_x Ni_y \alpha_z$ (ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Pt のうち 1 種または 2 種以上) で示され、Fe の組成比 X は 6 5 質量%以上で 7 4 質量%以下、Ni の組成比 Y は 2 5 質量%以上で 3 4 質量%以下、元素 α の組成比 Z は、1 質量%以上で 7 質量%以下であり、 $X + Y + Z = 1 0 0$ 質量%である軟磁性膜で形成することが好ましい。

【0 1 2 0】

この第 3 の軟磁性膜は飽和磁束密度 B_s が 1. 9 T 以上であり、また膜面の中心線平均粗さ R_a は 5 nm 以下である。したがってこの第 3 の軟磁性膜を図 2 及び図 3 に示す下部磁極層 1 9 や上部磁極層 2 1 に使用することで、狭トラック化にしたことの優位性をより効果的に確保でき、高記録密度化に適切に対応でき耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0 1 2 1】

図 4 は、本発明における他の実施形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、図 5 は図 4 に示す一点鎖線から薄膜磁気ヘッドを切断し矢印方向から見た縦断面図である。

【0 1 2 2】

この実施形態では、再生用ヘッド部 h 1 の構造は図 1 ないし図 3 と同じである。

【 0 1 2 3 】

図 4 に示すように下部コア層 7 上には、例えば無機絶縁材料で形成された絶縁層 3 1 が形成されている。前記絶縁層 3 1 には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）後方に所定の長さ寸法で形成されたトラック幅形成溝 3 1 a が形成されている。前記トラック幅形成溝 3 1 a は記録媒体との対向面においてトラック幅 T w で形成されている（図 4 を参照のこと）。

【 0 1 2 4 】

前記トラック幅形成溝 3 1 a には、下から下部磁極層 3 2、非磁性のギャップ層 3 3、及び上部磁極層 3 4 が積層された磁極部 3 0 が形成されている。

【 0 1 2 5 】

前記下部磁極層 3 2 は、下部コア層 7 上に直接メッキ形成されている。また前記下部磁極層 3 2 の上に形成されたギャップ層 3 3 は、メッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されていることが好ましい。具体的には、NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上から選択されたものであることが好ましい。

【 0 1 2 6 】

なお本発明における具体的な実施形態として前記ギャップ層 3 3 にはNiPが使用される。NiPで前記ギャップ層 3 3 を形成することで前記ギャップ層 3 3 を適切に非磁性状態にできるからである。

【 0 1 2 7 】

なお前記磁極部 3 0 は、ギャップ層 3 3 及び上部磁極層 3 4 の 2 層で構成されていてもよい。

【 0 1 2 8 】

前記ギャップ層 3 3 の上には、記録媒体との対向面からギャップデプス（G d）だけ離れた位置から絶縁層 3 1 上にかけて G d 決め層 3 7 が形成されている。前記 G d 決め層 3 7 は例えば有機絶縁材料で形成される。

【 0 1 2 9 】

さらに前記ギャップ層 3 3 の上に形成された上部磁極層 3 4 は、その上に形成される上部コア層 4 0 と磁氣的に接続される。

【 0 1 3 0 】

上記のようにギャップ層 3 3 がメッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されると、下部磁極層 3 2、ギャップ層 3 3 及び上部磁極層 3 4 を連続メッキ形成することが可能である。

【 0 1 3 1 】

図 5 に示すように前記絶縁層 3 1 の上にはコイル層 3 8 が螺旋状にパターン形成されている。前記コイル層 3 8 は有機絶縁材料などで形成された絶縁層 3 9 によって覆われている。

【 0 1 3 2 】

図 4 に示すように、トラック幅規制溝 3 1 a のトラック幅方向（図示 X 方向）における両側端面には、前記上部磁極層 3 4 の上面から前記絶縁層 3 1 の上面 3 1 b にかけて下部コア層 7 から離れる方向にしたがって徐々に幅寸法が広がる傾斜面 3 1 c、3 1 c が形成されている。

【 0 1 3 3 】

そして図 4 に示すように上部コア層 4 0 の先端部 4 0 a は、前記上部磁極層 3 4 上面から前記傾斜面 3 1 c、3 1 c 上にかけて下部コア層 7 から離れる方向に形成されている。

【 0 1 3 4 】

図 5 に示すように前記上部コア層 4 0 は、記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）にかけて絶縁層 3 9 上に形成され、前記上部コア層 4 0 の基端部 4 0 b は下部コア層 7 上に直接形成されている。

【 0 1 3 5 】

図 4 及び図 5 に示す実施形態では、下部磁極層 3 2 及び／または上部磁極層 3 4 が、上記した第 1 の軟磁性膜、第 2 の軟磁性膜および第 3 の軟磁性膜のいずれかで形成される。

【 0 1 3 6 】

これら軟磁性膜は、いずれも T c、R u、R h、P d、R e、O s、I r、P

tのうち1種または2種以上の元素 α を含み、前記元素 α を含まないNiFe合金に比べて耐食性に優れる。また飽和磁束密度Bsなどの膜特性にも優れ、前記磁極層として使用しても前記磁極層のギャップ近傍に磁束を集中させて記録密度を向上させることが可能になっている。

【0137】

また極めて狭い空間に形成される磁極部30を構成する下部磁極層32及び上部磁極層34は、非常に高い飽和磁束密度Bsが要求されると共に膜面の面粗れもより小さいことが好ましい。従って図4及び図5のように、下部コア層7と上部コア層22間にトラック幅Twで形成された磁極部30を有する薄膜磁気ヘッドでは、前記上部磁極層32及び／または下部磁極層34を、上記した第3の軟磁性膜で形成することが好ましい。

【0138】

すなわち前記上部磁極層32及び／または下部磁極層34を、組成式が $\text{Fe}_X\text{Ni}_Y\alpha_Z$ （ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上）で示され、Feの組成比Xは65質量%以上で74質量%以下、Niの組成比Yは25質量%以上で34質量%以下、元素 α の組成比Zは、1質量%以上で7質量%以下であり、 $X+Y+Z=100$ 質量%である軟磁性膜で形成することが好ましい。

【0139】

この第3の軟磁性膜は飽和磁束密度Bsが1.9T以上であり、また膜面の中心線平均粗さRaは5nm以下である。従って、前記第3の軟磁性膜を前記上部磁極層32及び／または下部磁極層34に使用することで狭トラック化にしたことの優位性をより効果的に確保でき、高記録密度化に適切に対応でき耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0140】

また本発明では、図2ないし図5に示す前記下部磁極層19，32及び／または上部磁極層21，34は2層以上の磁性層が積層されて構成されていてもよい。かかる構成の場合、ギャップ層20，33に接する側の磁性層を本発明におけるFeNi α 合金で形成することが好ましい。また特に前記ギャップ層20，3

3に接する側の磁性層を上記した第3の軟磁性膜で形成することが好ましい。これによってギャップ近傍に磁束をより集中させることができ、今後の高記録密度化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することが可能である。

【0141】

また前記ギャップ層20, 33に接する磁性層以外の他の磁性層は、如何なる材質、組成比の磁性材料で形成されても良いが、前記ギャップ層20, 33に接する側の磁性層よりも飽和磁束密度 B_s が小さくなることが好ましい。これにより前記他の磁性層からギャップ層20, 33に接する側の磁性層に適切に記録磁界が導かれ高記録密度化を図ることが可能になる。

【0142】

また下部磁極層19, 32の飽和磁束密度 B_s は高いことが好ましいが、上部磁極層21, 34の飽和磁束密度 B_s よりも低くすることにより、下部磁極層と上部磁極層との間における洩れ磁界を磁化反転しやすくすると、より記録媒体への信号の書き込み密度を高くできる。

【0143】

図6は本発明における他の実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。

図1の薄膜磁気ヘッドの構造とよく似ているが、違いは、上部コア層10が2層の磁性層で積層されて構成されていることである。

【0144】

前記上部コア層10は、高い飽和磁束密度 B_s を有する高 B_s 層47とその上に積層された上層48とで構成されている。

【0145】

前記高 B_s 層47及び／または下部コア層7は、上記した第1の軟磁性膜、第2の軟磁性膜および第3の軟磁性膜のいずれかで形成される。

【0146】

これら軟磁性膜は、いずれもTc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上の元素 α を含み、前記元素 α を含まないNiFe合金に比べて耐食性に優れる。また飽和磁束密度 B_s などの膜特性にも優れ、前記磁極層として使用しても前記磁極層のギャップ近傍に磁束を集中させて記録密度

を向上させることが可能になっている。

【0147】

前記上部コア層10を構成する上層48は、高Bs層47に比べて飽和磁束密度Bsが小さくなっているものの、前記高Bs層47よりも比抵抗が高くされている。前記上層48は例えばNi₈₀Fe₂₀合金で形成される。

【0148】

これによって前記高Bs層47が前記上層48よりも高い飽和磁束密度Bsを有し、ギャップ近傍に磁束を集中させて、記録分解能を向上させることが可能になる。

【0149】

また前記上部コア層46に比抵抗の高い上層48が設けられたことで、記録周波数が上昇することにより発生する渦電流による損失を低減させることができ、今後の高記録周波数化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0150】

また本発明では図6に示すように、高Bs層47が、ギャップ層41と対向する下層側に形成されていることが好ましい。また前記高Bs層47はギャップ層41上に直接接する上部コア層46の先端部46aのみに形成されていてもよい。

【0151】

また下部コア層7も、高Bs層と高比抵抗層の2層で構成されていてもよい。かかる構成の場合、高比抵抗層の上に高Bs層が積層され、前記高Bs層がギャップ層41を介して上部コア層10と対向する。

【0152】

また図6に示す実施形態では、上部コア層10が2層の積層構造となっているが、3層以上であってもよい。かかる構成の場合、高Bs層47は、磁気ギャップ層41に接する側に形成されることが好ましい。

【0153】

図7は本発明における他の実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。

図7の実施形態では再生用ヘッド部h1の構成は図1と同じである。図7に示

すように下部コア層 7 の上に下部磁極層 50 が記録媒体との対向面から隆起形成されている。前記下部磁極層 50 のハイト方向後方（図示 Y 方向）には絶縁層 51 が形成されている。前記絶縁層 51 の上面は、凹形状となり、コイル形成面 51a が形成されている。

【0154】

前記下部磁極層 50 上から前記絶縁層 51 上にかけてギャップ層 52 が形成されている。さらに前記絶縁層 51 のコイル形成面 51a 上にはギャップ層 52 を介してコイル層 53 が形成されている。前記コイル層 53 上は有機絶縁製の絶縁層 54 によって覆われている。

【0155】

図 7 に示すように上部コア層 55 は、前記ギャップ層 52 上から絶縁層 54 上にかけて例えばフレームメッキ法によりパターン形成されている。

【0156】

前記上部コア層 55 の先端部 55a は前記ギャップ層 52 上に下部磁極層 50 と対向して形成される。前記上部コア層 55 の基端部 55b は、下部コア層 7 上に形成された持上げ層 56 を介して前記下部コア層 7 に磁氣的に接続される。

【0157】

この実施形態においては、上部コア層 55 および／または下部磁極層 50 が、上記した第 1 の軟磁性膜、第 2 の軟磁性膜および第 3 の軟磁性膜のいずれかで形成される。

【0158】

これら軟磁性膜は、いずれも Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Pt のうち 1 種または 2 種以上の元素 α を含み、前記元素 α を含まない NiFe 合金に比べて耐食性に優れる。また図 7 では下部磁極層 50 が形成され、前記下部磁極層 50 が下部コア層 7 よりも高い飽和磁束密度 B_s を有する本発明の FeNi α 合金で形成されると、ギャップ近傍に磁束を集中させることができ記録密度の向上を図ることが可能である。

【0159】

また上部コア層 55 は、その全体が前記 FeNi α 合金で形成されていてもよ

いが、図 6 と同様に前記上部コア層 5 5 が 2 層以上の磁性層の積層構造であり、そのギャップ層 5 2 と対向する側が高 B s 層として前記 F e N i α 合金膜で形成されていてもよい。またかかる場合、前記上部コア層 5 5 の先端部 5 5 a のみが 2 層以上の磁性層の積層構造で形成され、前記ギャップ層 5 2 上に接して高 B s 層が形成されていることが、ギャップ近傍に磁束を集中させ、記録密度を向上させる点からして好ましい。

【0160】

なお本発明では、図 1 ないし図 7 に示す各実施形態において F e N i α 合金膜はメッキ形成されていることが好ましい。本発明では前記 F e N i α 合金をパルス電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成することができる。また前記 F e N i α 合金をメッキ形成することで任意の膜厚で形成でき、スパッタで形成するよりも厚い膜厚で形成することが可能になる。

【0161】

また各実施形態において、符号 7 の層は、下部コア層と上部シールド層の兼用層となっているが、前記下部コア層と上部シールド層とが別々に形成されていてもよい。かかる場合、前記下部コア層と上部シールド層間には絶縁層を介在させる。

【0162】

次に図 1 ないし図 7 に示す薄膜磁気ヘッドの一般的な製造方法について以下に説明する。

【0163】

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドは、まず下部コア層 7 上にギャップ層 8 を形成し、前記ギャップ層 8 の上にコイル層 9 をパターン形成する。前記コイル層 9 上に絶縁層 1 1 を形成した後、ギャップ層 8 から前記絶縁層 1 1 上にかけて上部コア層 1 0 をフレームメッキ法によりパターン形成する。

【0164】

図 2 及び図 3 に示す薄膜磁気ヘッドは、下部コア層 7 上に G d 決め層 1 7 を形成した後、レジストを用いて記録媒体との対向面からハイト方向に下部磁極層 1 9、非磁性のギャップ層 2 0 及び上部磁極層 2 1 から成る磁極部 1 8 を連続メッ

キによって形成する。次に前記磁極部 1 8 のハイト方向後方に絶縁層 2 3 を形成した後、例えば CMP 技術を用いて前記磁極部 1 8 の上面と前記絶縁層 2 3 の上面とを同一平面に平坦化する。前記絶縁層 2 3 の上にコイル層 2 4 を螺旋状にパターン形成した後、前記コイル層 2 4 の上に絶縁層 2 5 を形成する。そして前記磁極部 1 8 上から絶縁層 2 5 上にかけて上部コア層 2 2 を例えばフレイムメッキ法により形成する。

【 0 1 6 5 】

図 4 及び図 5 に示す薄膜磁気ヘッドは、下部コア層 7 上に絶縁層 3 1 を形成した後、レジストを用いて前記絶縁層 3 1 の記録媒体との対向面からハイト方向後方に向けてトラック幅形成溝 3 1 a を形成する。さらに前記トラック幅形成溝 3 1 a に図 4 に示す傾斜面 3 1 c, 3 1 c を形成する。

【 0 1 6 6 】

前記トラック幅形成溝 3 1 a 内に、下部磁極層 3 2、非磁性のギャップ層 3 3 を形成する。前記ギャップ層 3 3 上から絶縁層 3 1 上に G d 決め層 3 7 を形成した後、前記ギャップ層 3 3 上に上部磁極層 3 4 をメッキ形成する。次に前記絶縁層 3 1 上にコイル層 3 8 を螺旋状にパターン形成した後、前記コイル層 3 8 上に絶縁層 3 9 を形成する。そして前記上部磁極層 3 4 上から絶縁層 3 9 上にかけて上部コア層 4 0 を例えばフレイムメッキ法にて形成する。

【 0 1 6 7 】

図 6 に示す薄膜磁気ヘッドは、まず下部コア層 7 上にギャップ層 4 1 を形成し、さらに絶縁層 4 3 を形成した後、前記絶縁層 4 3 の上にコイル層 4 4 をパターン形成する。前記コイル層 4 4 上に絶縁層 4 5 を形成した後、ギャップ層 4 1 から前記絶縁層 4 5 上にかけて高 B s 層 4 7 と上層 4 8 からなる上部コア層 1 0 をフレイムメッキ法によりパターン形成する。

【 0 1 6 8 】

図 7 に示す薄膜磁気ヘッドは、まず下部コア層 7 上にレジストを用いて下部磁極層 5 0 を形成し、さらに前記下部磁極層 5 0 のハイト方向後方に絶縁層 5 1 を形成する。前記下部磁極層 5 0 と前記絶縁層 5 1 の上面は CMP 技術によって一旦平坦化された後、前記絶縁層 5 1 の上面に凹形状となるコイル形成面 5 1 a を

形成する。次に前記下部磁極層 50 上から前記絶縁層 51 上にギャップ層 52 を形成した後、前記ギャップ層 52 上にコイル層 53 を螺旋状にパターン形成し、さらに前記コイル層 53 上に絶縁層 54 を形成する。そして、前記ギャップ層 52 上から絶縁層 54 上にかけて上部コア層 55 を例えばフレームメッキ法によりパターン形成する。

【0169】

次に、本発明の軟磁性膜の製造方法について説明する。第1の軟磁性膜は電解メッキ法により形成されたものである。

【0170】

まず第1の軟磁性膜 (FeNiPd) について製造方法を説明する。本発明では、電解メッキ工程において、FeイオンとNiイオンを含有するメッキ浴を用い、前記メッキ浴は、PdCl₂が添加されたものであり、前記メッキ浴全体に対するPdCl₂の添加量が、0.01g/l以上で0.1g/l以下であるとする。

【0171】

これによりFeNiPd合金中に含まれるPdの組成比を1質量%よりも大きく、10質量%よりも小さい第1の軟磁性膜をメッキ形成することができる。

【0172】

次に第1の軟磁性膜 (FeNiRh) についての製造方法について説明する。本発明では、電解メッキ工程において、FeイオンとNiイオンを含有するメッキ浴を用い、前記メッキ浴にはRhの含有率が100g/lである強酸性Rh添加液を添加して、前記メッキ浴全体に対するRh添加液の添加量が、0.1g/l以上で0.2g/l以下であるとする。

【0173】

これによりFeNiRh合金中に含まれるRhの組成比を1質量%よりも大きく、10質量%よりも小さい第1の軟磁性膜をメッキ形成することができる。

【0174】

次に上記で説明したFeの組成比が約51～74質量%、Niの組成比が約24～46質量%、Pdの組成比が1.1～4.9質量%であり、Fe、Ni及び

Pdの組成比を足した組成比が100質量%となる第1の軟磁性膜では、電解メッキ工程において用いるメッキ浴の組成は、 NiCl_2 六水和物(117g/l)、 NiSO_4 六水和物(50g/l)、 NaCl (25g/l)、ホウ酸(25g/l)、応力緩衝剤であるサッカリンNa(2g/l)、界面活性剤のラウリル硫酸Na(0.02g/l)からなる従来のWatt浴の組成に、 FeSO_4 七水和物と、 PdCl_2 を添加したものであり、 PdCl_2 のメッキ浴全体に対する添加量は、0.05~0.1g/lである。

【0175】

電解メッキ工程において、FeNi合金スパッタ膜を陰極として、メッキ浴にパルス電流を印加する。そして、陰極上にFeNiPd合金メッキ膜を所望の膜厚に形成して、電解メッキ工程を終了する。

【0176】

次に、上記で説明したFeの組成比が約75質量%、Niの組成比が約16質量%、Rhの組成比が約9質量%であり、 $\text{Fe}_{75}\text{Ni}_{16}\text{Rh}_9$ なる第1の軟磁性膜では、電解メッキ工程において用いるメッキ浴の組成は、従来のWatt浴の組成に、 FeSO_4 七水和物と、Rhの含有率が100g/lである硫酸系Rh添加液(エヌ・イーケムキャット(株)製Rhメッキ液「RH-#221」)を添加したものであり、Rh添加液のメッキ浴全体に対する添加量は、0.11g/lである。

【0177】

電解メッキ工程において、FeNiPd合金の形態と同様、FeNi合金スパッタ膜を陰極として、メッキ浴にパルス電流を印加する。そして、陰極上にFeNiRh合金メッキ膜を所望の膜厚に形成して、電解メッキ工程を終了する。

【0178】

このように製造された軟磁性膜(FeNiPd)のPd組成比は、概ね、 PdCl_2 添加量の増加に伴って高くなる。しかし、 PdCl_2 添加量が0.05g/l~0.10g/lの範囲において、 PdCl_2 添加量が同等であっても軟磁性膜のPd組成比が異なる場合があり、Niの組成比が同等である場合、Feの組成比が高くなるほど減少する傾向がある。

【0179】

なお上記の第1の軟磁性膜をパルス電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成しているが、これによってメッキ形成時に、電流を流す時間と、電流を流さない空白な時間を設けることができる。このように電流を流さない時間を設けることで、FeNi α 合金膜を、少しずつメッキ形成し、そしてメッキ浴に占めるFeイオンの濃度を増やしても、直流電流を用いた場合に比べメッキ形成時における電流密度の分布の偏りを緩和することが可能になっている。

【0180】

なおパルス電流は、例えば数秒サイクルでON/OFFを繰返し、デューティ比を0.1~0.5程度にすることが好ましい。パルス電流の条件は、FeNi α 合金の平均結晶粒径及び膜面の中心線平均粗さRaに影響を与える。

【0181】

上記のようにパルス電流による電気メッキ法では、メッキ形成時における電流密度の分布の偏りを緩和することができるから、直流電流による電気メッキ法に比べてFeNi α 合金に含まれるFe含有量を増やすことが可能になる。

【0182】

本発明では、前記パルス電流による電気メッキ法により、直流電流を用いた電気メッキ法に比べて、組成比の調整の自由度が増し、FeNi α 合金のFeの組成比を55質量%以上で90質量%以下に容易に調整することができ、また好ましくは72質量%以上あるいは68質量%以上に容易に調整することができる。

【0183】

次に第2の軟磁性膜、および第3の軟磁性膜の製造方法について以下に説明する。

【0184】

本発明では、メッキ浴中のFeイオン濃度を、1.0g/l以上で10g/l以下とし、Niイオン濃度を5g/l以上で40g/l以下とし、元素 α （ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上）のイオン濃度を0.01g/l以上で0.2g/l以下とし、パルス電流を用いた電気メッキ法によりFeNi α 合金をメッキ形成する。

【 0 1 8 5 】

これにより、Feの組成比dが58質量%以上で77質量%以下、Niの組成比eが18質量%以上で37質量%以下、元素αの組成比fが、1質量%以上で12質量%以下であり、 $d + e + f = 100$ 質量%となる $Fe_dNi_e\alpha_f$ 合金を容易にしかも再現性良くメッキ形成することができる。

【 0 1 8 6 】

この製造方法では主として2つの特徴点がある。一つは電気メッキ法としてパルス電流を用いたことである。二つ目は、Niイオン濃度を低くしたことである。従来では一般的にメッキ浴中でのNiイオン濃度は40g/l程度であった。これに対し本発明では前記Niイオン濃度を従来よりも低濃度にしたのである。これによりメッキ形成時における攪拌効果を上げることができ、メッキ形成面にメッキ液に含まれるFeイオン及び元素αイオンの出入り（置換）を良くし、上記した組成を有するFeNiα合金を容易にしかも再現性良くメッキ形成できるのである。

【 0 1 8 7 】

また上記したイオン濃度を有するメッキ浴であれば元素αの組成を上げることができ、前記元素αの組成比を最大で12質量%まで大きくできる。

【 0 1 8 8 】

次に本発明では前記Niイオン濃度を15g/l以下、あるいは10g/l以下にすることが好ましい。

【 0 1 8 9 】

また本発明では、前記元素αのイオン濃度を0.01g/l以上で0.05g/l以下にすることが好ましい。

【 0 1 9 0 】

上記のようにNiイオン濃度や元素αのイオン濃度が設定されたメッキ浴では、本発明における第3の軟磁性膜を容易にしかも再現性良くメッキ形成することができる。

【 0 1 9 1 】

すなわち本発明では、上記のメッキ浴を用いて、Feの組成比Xが65質量%

以上で74質量%以下、Niの組成比Yが25質量%以上で34質量%以下、元素 α の組成比Zが1質量%以上で7質量%以下であり、 $X+Y+Z=100$ 質量%となる $Fe_XNi_Y\alpha_Z$ 合金をメッキ形成することができる。

【0192】

上記のメッキ浴ではNiイオン濃度がさらに低濃度にされているから、攪拌効果をさらに高めることができ、Fe、Ni及び元素 α の組成比の調整の自由度を増すことができる。そして上記イオン濃度を有するメッキ浴組成であれば、第3の軟磁性膜を容易にしかも再現性良くメッキ形成することが可能になる。

【0193】

ところでこれら上記した軟磁性膜の製造方法は、図1に示す下部コア層7及び／または上部コア層10の形成時、図2、3に示す下部磁極層19及び／または上部磁極層21の形成時、図4、5に示す下部磁極層32及び／または上部磁極層34の形成時、図6に示す下部コア層7及び／または高Bs層47の形成時、図7に示す下部磁極層50及び／または上部コア層55の形成時にそれぞれ適用される。

【0194】

そして上記軟磁性膜の製造方法を用いることで、図1ないし図7に示す構造の薄膜磁気ヘッドのコア層あるいは磁極層を容易にしかも再現性良くメッキ形成することが可能になるが、ただし図2ないし図5に示す実施形態のように、下部コア層7と上部コア層22、40間にトラック幅Twで形成された磁極部18、30が別工程で形成される形態の場合、特に第3の軟磁性膜の製造方法を用いて、下部磁極層19、32及び／または上部磁極層21、34をメッキ形成することが好ましい。

【0195】

図2、3に示す薄膜磁気ヘッドでは、下部コア層7上にレジスト層を形成し、このレジスト層に露光現像によって溝を形成する。そしてこの溝内に前記磁極部18がメッキ形成されるのであるが、前記溝のトラック幅方向（図示X方向）への幅寸法は狭トラック化に適切に対応するためには、 $0.1\mu m$ から $0.5\mu m$ 程度であることが好ましく、また奥行き（図示Y方向）の寸法もその程度であり

、また高さ寸法（図示Z方向）は、幅寸法の2倍から5倍程度である。

【0196】

このような極めて狭い空間内に下部磁極層19、ギャップ層20及び上部磁極層21を適切にメッキ形成するには、この空間内でメッキ液に含まれるFeイオンや元素 α イオンの出入り（置換）を良好にしなければ、磁極層に含まれるFe組成は急激に低下しやすく高い飽和磁束密度 B_s を有する磁極をメッキ形成できない一方、Fe量や元素 α 量が多すぎると膜面の面粗れが問題となる。このように極めて狭い空間内に形成される磁極層は、面粗れができる限り小さくされないと腐食しやすいため膜面の中心線平均粗さ R_a が小さくなる組成で前記磁極層を形成する必要がある。

【0197】

そのため、メッキ浴のNiイオン濃度を低濃度にし攪拌効果を高めることが必要であり、そのためにはメッキ浴中におけるNiイオン濃度を5g/l以上で15g/l以下あるいは10g/l以下に設定し、また元素 α のイオン濃度を0.01g/l以上で0.05g/l以下に設定する。

【0198】

Niイオン濃度を低濃度にしたことで攪拌効果が向上しFeNi α 合金中に含まれるFe量を増やすことができ、本発明によれば、前記Fe組成比を65質量%以上で74質量%以下に設定できる。さらに元素 α の組成比を1質量%以上で7質量%以下に設定できる。またNiの組成比を25質量%以上で34質量%以下に設定できる。

【0199】

そして上記の組成比を有する第3の軟磁性膜であれば、1.9T以上の高い飽和磁束密度 B_s を得ることができると共に、膜面の中心線平均粗さ R_a を5nm以下に抑えることができ、したがって極めて小さい空間内に飽和磁束密度 B_s が高く耐食性にも優れた磁極層を容易にしかも再現性良くメッキ形成することが可能になるのである。

【0200】

なお本発明では、FeNi α 合金の用途として図1ないし図7に示す薄膜磁気

ヘッドを提示したが、この用途に限定されるものではない。例えば前記 FeNi α 合金は、薄膜インダクタ等の平面型磁気素子等にも使用可能である。

【0201】

【実施例】

次に、本発明の軟磁性膜の実施例について説明する。

【0202】

実験では、表1に示すメッキ浴を用い、パルス電流を用いて FeNiPd 合金、あるいは FeNiRh 合金をメッキ形成した。また比較例として表1に示すメッキ浴を用い、パルス電流を用いて FeNi 合金をメッキ形成した。

【0203】

なおこの実験では、基板上にベタ膜で上記した FeNiPd 合金、FeNiRh 合金及び FeNi 合金をメッキ形成した。メッキ浴温度は 30℃程度であり、電極の pH は約 3.3、電流密度は約 21 (mA/cm²) であった。

【0204】

【表1】

	Fe イオン (g/l)	Ni 添加量 (g/l)	Ni イオン (g/l)	PdCl ₂ 又はRh 添加液添加量 (g/l)	Pd イオン (g/l)	Rh イオン (g/l)	サッカリン ナトリウム (g/l)	ほう酸 (g/l)	塩化 ナトリウム (g/l)	ラウリル硫酸 ナトリウム (g/l)	2-エチルヘキシル 硫酸ナトリウム (ml/l)
比較例 1	4.8	40 (1 浴)	40	0	0.000	—	2	25	25	0.02	—
比較例 2	6.0	40 (1 浴)	40	0	0.000	—	2	25	25	0.02	—
実施例 1	6.0	40 (1 浴)	40	PdCl ₂ = 0.01	0.006	—	2	25	25	0.02	—
実施例 2	6.0	40 (1 浴)	40	PdCl ₂ = 0.10	0.030	—	2	25	25	0.02	—
実施例 3	6.0	40 (1 浴)	40	PdCl ₂ = 0.05	0.030	—	2	25	25	0.02	—
実施例 4	6.0	40 (1 浴)	40	PdCl ₂ = 0.10	0.060	—	2	25	25	0.02	—
実施例 5	6.0	40 (1 浴)	40	PdCl ₂ = 0.10	0.060	—	2	25	25	0.02	—
実施例 6	6.0	40 (1 浴)	40	PdCl ₂ = 0.10	0.060	—	2	25	25	0.02	—
実施例 7	9.0	40 (1 浴)	40	PdCl ₂ = 0.10	0.060	—	2	25	25	0.02	—
実施例 8	15.1	40 (1 浴)	36.8	Rh 添加液 = 0.11	—	0.11	2	25	25	0.02	—
実施例 9	2.4	10 (1/4 浴)	10	PdCl ₂ = 0.03	0.018	—	1	25	25	—	0.1
実施例 10	2.4	10 (1/4 浴)	10	PdCl ₂ = 0.05	0.030	—	1	25	25	—	0.1
実施例 11	2.6	10 (1/4 浴)	10	PdCl ₂ = 0.07	0.042	—	1	25	25	—	0.1
実施例 12	3.2	10 (1/4 浴)	10	PdCl ₂ = 0.12	0.072	—	1	25	25	—	0.1
実施例 13	3.6	10 (1/4 浴)	10	PdCl ₂ = 0.16	0.096	—	1	25	25	—	0.1

【 0 2 0 5 】

そして各実施例 1 ～ 1 3 及び比較例 1 （従来の軟磁性膜）、比較例 2 の軟磁性膜について F e 、 N i 、 P d の組成比、応力、保磁力（磁化困難軸・磁化容易軸）、異方性磁界、飽和磁束密度 B s 、比抵抗を測定しその実験結果を表 2 に示した。

【 0 2 0 6 】

【表 2】

	組成 (質量%)			耐食性	応力 (MPa)	保磁力 (A/m)		異方性磁界 (A/m)	飽和磁束密度 (T)	比抵抗 ($\mu\Omega/\text{cm}$)
	Fe	Ni	Pd 又は Rh			容易軸	困難軸			
比較例 1	55	45	—	○	135	213	158	340	1.57	44
比較例 2	72	28	—	×	215	533	727	69	1.91	32
実施例 1	52.9	46	Pd=1.1	○	147	209	146	569	1.51	44
実施例 2	51.7	45	Pd=3.3	○	199	269	150	498	1.55	37
実施例 3	50.6	45	Pd=4.4	◎	131	237	162	60	1.57	42
実施例 4	53.1	42	Pd=4.9	◎	149	205	126	640	1.54	44
実施例 5	72.5	24	Pd=3.5	○	441	1337	1050	142	1.86	33
実施例 6	74.3	24	Pd=1.7	○	350	764	605	62	1.88	41
実施例 7	72.8	25	Pd=2.2	○	427	907	732	58	1.87	39
実施例 8	75	16	Rh=9	○	—	—	—	—	—	—
実施例 9	74	24	Pd=2	○	134	302	294	191	1.94	—
実施例 10	71	25	Pd=4	○	148	255	207	127	1.91	32
実施例 11	70	24	Pd=6	○	157	247	223	167	1.92	33
実施例 12	71	20	Pd=9	○	209	255	255	135	1.92	34
実施例 13	66	22	Pd=12	○	240	—	—	—	1.86	—

【0207】

まず実施例 1 ないし 8 の実験結果について説明する。

これら軟磁性膜の耐食性は、耐湿試験により評価して、耐湿試験は、温度 80℃、湿度 90% の条件下に 96 時間曝すものである。

【0208】

耐湿試験後、軟磁性膜表面の腐食状態を、顕微鏡（×60）により観察して、耐食性を、腐食状態が比較例1（従来の軟磁性膜）とほぼ同様である場合○、比較例1よりも劣る場合×、比較例よりも大きく向上した場合◎として示している。

【0209】

実施例1～4は、Feの組成比が約51～53質量%とほぼ等しく、Niの組成比が42～46質量%であり、Pdの組成比が1.1～4.9質量%である。実施例1、2は、Feの組成比がほぼ同等でありPdを含まない比較例1よりも、僅かながら耐食性が向上した。また、実施例3、4は、従来の軟磁性膜である比較例1から耐食性が大きく向上して、特に、実施例4では、耐食試験後の表面に腐食部が認められなかった。

【0210】

実施例5は、Feの組成比が72.5質量%であり、Pd組成比は、実施例3とほぼ等しく3.5質量%であるが、Feの組成比が同等でありPdを含まない比較例2よりも、耐食性が大きく向上して、従来の軟磁性膜である比較例1よりも若干高い耐食性を示した。

【0211】

実施例6、7は、Feの組成比がほぼ等しく、Pdの組成比がそれぞれ、1.7、2.2質量%である。実施例6、7では、Pdの組成比が2質量%程度と低いにも関わらず、Feの組成比がほぼ同等でありPdを含まない比較例2よりも、耐食性が大きく向上して、従来の軟磁性膜である比較例1よりも若干高い耐食性を示した。

【0212】

実施例8は、Feの組成比が75質量%であり、Rhの組成比が9質量%である。実施例8は、Feの組成比が同等な実施例5同様、Feの組成比がほぼ同等でありRhを含まない比較例2よりも耐食性が大きく向上して、従来の軟磁性膜である比較例1よりも若干高い耐食性を示した。

【0213】

実施例1～4の応力、保磁力、異方性磁界及び飽和磁束密度Bs、比抵抗は、

Feの組成比がほぼ同等でありPdを含まない比較例1から大きな変化は認められなかった。

【0214】

また、実施例5～7の飽和磁束密度Bs、比抵抗は、Feの組成比がほぼ同等でありPdを含まない比較例2から大きく変化しておらず、飽和磁束密度Bsは、約1.9Tである。

【0215】

以上のことから、本発明のように、FeNi合金にPdやRhを含有させることで、軟磁性膜の耐食性を向上させることができ、しかもFe量が同等であり、Pd等の貴金属を含まないFeNi合金と比較しても、飽和磁束密度Bsなどの膜特性はさほど変わらないことがわかった。

【0216】

次に実施例9ないし13について説明する。実施例9ないし13は、実施例1ないし8と比較するとメッキ浴中のNiイオン濃度が低くされている（表1を参照のこと）。実施例1ないし8では、概ね前記Niイオン濃度は40g/lである。これは従来一般的にメッキ浴中に含まれるNiイオン濃度に等しいが、実施例9ないし13では、Niイオン濃度を40g/lの1/4に相当する10g/l程度にまで低くした。

【0217】

これによって攪拌効果を向上させることができ、メッキ形成面でのメッキ液の置換が適切に行なわれる。このため表1に示すように、実施例9ないし13でのメッキ浴中におけるFeイオン濃度は、実施例1ないし8でのFeイオン濃度より低いにも関わらず、表2に示すように実施例9ないし13でのFeNiPd合金中に含まれるFe量を、実施例1ないし8のそれよりも大きくできあるいは同程度にすることができる。

【0218】

また表2に示すように実施例9ないし13のFeNiPd合金中に含まれるPd量を、実施例1ないし8のFeNiPd合金のPd量よりも同等以上にでき、最大で12質量%にまで大きくできたことがわかる。

【 0 2 1 9 】

また実施例 9 ないし 1 3 の飽和磁束密度 B_s は、組成比によっては 1. 9 T を越えるものがあり、かなり高い飽和磁束密度 B_s を得ることが可能であることがわかる。

【 0 2 2 0 】

また耐食性については上記した方法と同じ方法で測定した結果、実施例 9 ないし 1 3 いずれにおいても優れた耐食性を示した。

【 0 2 2 1 】

上記した実験結果に基づいて本発明では、飽和磁束密度 B_s を 1. 8 T 以上確保でき、また耐食性に優れる FeNiPd 合金の組成範囲を設定した。

【 0 2 2 2 】

図 8 は、FeNiPd 合金の三元図である。この三元図上で Fe 組成比を 5 8 質量%以上で 7 7 質量%以下、Ni 組成比を 1 8 質量%以上で 3 7 質量%以下、Pd の組成比を 1 質量%以上で 1 2 質量%以下で、Fe、Ni 及び Pd の組成比を足した総合の組成比が 1 0 0 質量%となる組成範囲 (1) を、ベタ膜時における好ましい組成範囲と設定した。

【 0 2 2 3 】

この組成範囲には実施例 5 ないし 1 3 のいずれもが当てはまる。いずれの実施例でも飽和磁束密度 B_s は 1. 8 T を越え、また膜面の中心線平均粗さ R_a は 1 0 nm 以下であることがわかった。このように図 8 の組成範囲 (1) で形成された FeNiPd 合金は高い飽和磁束密度 B_s を有すると共に耐食性にも優れた軟磁性膜としてメッキ形成できることがわかった。

【 0 2 2 4 】

なおこの組成範囲 (1) の FeNiPd 合金を得るには、表 1 から、メッキ浴中の Fe イオン濃度を、1. 0 g/l 以上で 1 0 g/l 以下とし、Ni イオン濃度を 5 g/l 以上で 4 0 g/l 以下とし、Pd のイオン濃度を 0. 0 1 g/l 以上で 0. 2 g/l 以下とすることが好ましいと設定した。なお Ni イオン濃度の下限値を 5 g/l としたのは、これよりも小さくなると濃度が薄すぎてメッキ浴の安定性が低下して所望の組成比を有する FeNiPd をメッキ形成できないか

らである。

【0225】

なおこのとき電気メッキ法には、パルス電流を用いた電気メッキ法を使用する。またPd以外の貴金属、具体的にはTc、Ru、Rh、Re、Os、Ir、Ptの場合も同様に上記したメッキ浴組成を使用すれば、高い飽和磁束密度Bsを有すると共に耐食性にも優れた軟磁性膜を得ることができると考えられる。

【0226】

次に本発明では、図2、3に示す形態の薄膜磁気ヘッドの磁極部18の部分のように極めて狭い空間内に軟磁性膜をメッキ形成し、そのときの膜特性を調べた。

【0227】

実験では、基板上にレジスト層を塗布し、このレジスト層に露光現像によって溝を形成した。この溝の大きさは幅が概ね0.4 μm 、長さが概ね0.5 μm 、高さが概ね2.5 μm であった。

【0228】

そして前記レジスト層に形成された溝内にFeNiPdからなる軟磁性膜をパルス電流を用いた電気メッキ法を用いてメッキ形成した。そのときのメッキ浴組成は表3に示されている。なお実験時のメッキ浴温度は30℃程度であり、電極のpHは約3.3、電流密度は約85 (mA/cm^2)であった。

【0229】

【表3】

	Feイオン (g/l)	Ni添加量 (g/l)	Niイオン (g/l)	PdCl ₂ 添加量 (g/l)	Pdイオン (g/l)	Rhイオン (g/l)	サッカリン ナトリウム (g/l)	ほう酸 (g/l)	塩化 ナトリウム (g/l)	ラウリル硫酸 ナトリウム (g/l)	2-エチルヘキシル 硫酸ナトリウム (ml/l)
比較例 3	6.0	40 (1 浴)	40	0	0.000	—	2	25	25	0.02	—
実施例 14	6.0	40 (1 浴)	40	0.03	0.018	—	2	25	25	—	0.1
実施例 15	2.8	14 (1/3 浴)	14	0.02	0.012	—	1.5	25	25	—	0.1
実施例 16	3.8	14 (1/3 浴)	14	0.03	0.018	—	1.5	25	25	—	0.1
実施例 17	1.4	10 (1/4 浴)	10	0.01	0.006	—	1	25	25	—	0.1
実施例 18	2.8	10 (1/4 浴)	10	0.03	0.018	—	1	25	25	—	0.1
実施例 19	2.3	10 (1/4 浴)	10	0.045	0.027	—	1	25	25	—	0.1
実施例 20	2.9	10 (1/4 浴)	10	0.06	0.036	—	1	25	25	—	0.1
実施例 21	2.8	10 (1/4 浴)	10	0.07	0.042	—	1	25	25	—	0.1

【 0 2 3 0 】

比較例 3 及び実施例 1 4 では、いずれもメッキ浴中における N i イオン濃度を約 4 0 g / l としている。これを基準として N i イオン濃度を 1 / 3 とした実施例が、実施例 1 5 と実施例 1 6 であり、N i イオン濃度を 1 / 4 とした実施例が、実施例 1 7 ないし 2 1 である。

【 0 2 3 1 】

表 3 に示されたメッキ浴で形成された軟磁性膜の組成比等を測定し、その実験結果が表 4 に示されている。

【 0 2 3 2 】

【表 4】

表 4

	組成 (質量%)			耐食性	飽和磁束密度 (T)
	Fe	Ni	Pd		
比較例 3	71	29	—	×	1.9
実施例 14	72.7	24	3.3	○	1.87
実施例 15	71.1	27	1.9	○	1.91
実施例 16	69.6	28	2.4	○	1.90
実施例 17	66	32	2	○	1.85
実施例 18	68.4	29	2.6	○	1.87
実施例 19	66.5	30	3.5	○	1.84
実施例 20	71	27	2	○	1.91
実施例 21	68	28	4	○	1.87

【 0 2 3 3 】

表 4 に示すように実施例 1 4 ないし 2 1 における F e N i P d 合金は、比較例 3 の F e N i 合金よりも耐食性に優れることがわかった。なお軟磁性膜の耐食性は、耐湿試験により評価して、耐湿試験は、温度 8 0 ℃、湿度 9 0 % の条件下に 9 6 時間曝して行った結果である。

【 0 2 3 4 】

図 9 は、表 4 に示す実施例 2 0 の F e N i P d 合金と比較例 3 の F e N i 合金

との耐食性を調べた実験結果である。実験は上記と同様に耐湿試験により評価して、耐湿試験は、温度 80℃、湿度 90% の条件下に 96 時間曝して行った。

【 0 2 3 5 】

また実験では、実施例 20 の FeNiPd 合金膜で形成された磁極層が数千個形成された基板（ウエハー）を 3 つ用意し、同様に比較例 3 の FeNi 合金膜で形成された磁極層が数千個形成された基板（ウエハー）を 3 つ用意した。各基板において 100 個の NiFePd 合金膜及び FeNi 合金膜を選択し、その選択された各合金膜で形成された磁極層の腐食具合を調べた。そして腐食されていなかった磁極層の割合をパーセンテージで示した。それが図 9 の実験結果である。

【 0 2 3 6 】

図 9 に示すように、FeNiPd 合金膜で形成された磁極層は 3 つの基板ともにほぼ 100% 近く腐食されていないことがわかった。一方、FeNi 合金膜で形成された磁極層の腐食のない割合は FeNiPd 合金膜に比べて極めて低いことがわかる。

【 0 2 3 7 】

このように FeNiPd 合金膜は FeNi 合金膜に比べて極めて耐食性に優れていることがわかり、従って極めて狭い空間内に磁極層を形成するには、FeNi 合金よりも FeNiPd 合金を使用することが効果的に耐食性の向上を図ることができる。しかも表 4 に示される実施例 14 ないし 21 のいずれの FeNiPd 合金においても膜面の中心線平均粗さ Ra は 5 nm 以下であって各実施例とも非常に良好な耐食性を示した。

【 0 2 3 8 】

実施例 15 ないし 21 は、いずれも表 3 に示すように、Ni イオン濃度が 40 g/l よりも小さく、したがってこれら実施例ではメッキ液の攪拌効果を上げることができ、従って極めて狭い空間内にでも、メッキ形成面上に Fe イオン及び元素 α イオンの出入り（置換）を良好にし、Fe、Ni 及び Pd の各元素の組成比を適正な範囲内に収めることができる。

【 0 2 3 9 】

そして実験の結果、表 4 に示されたいずれの実施例の FeNiPd 合金でも飽

和磁束密度 B_s が 1.9 T 以上と非常に高く、また上記したように表 2 のものと比べてさらに膜面の面粗れを小さくでき、従って表 4 に示された FeNiPd 合金を、図 2 ないし図 5 のように狭トラック化に伴い極めて小さい領域内の磁極部 18 の下部磁極層や上部磁極層として使用することに非常に効果的であることがわかった。

【0240】

そこで表 4 に示す各実施例の組成比がすべて当てはまる組成範囲、すなわち図 8 に示す三元図上で Fe 組成比を 65 質量%以上で 74 質量%以下、Ni 組成比を 25 質量%以上で 34 質量%以下、Pd の組成比を 1 質量%以上で 7 質量%以下で、Fe、Ni 及び Pd の組成比を足した総合の組成比が 100 質量%となる組成範囲 (2) を、磁極層を形成するときの好ましい組成範囲と設定した。

【0241】

なおこの組成範囲 (2) の FeNiPd 合金を得るには、表 3 から、メッキ浴中の Fe イオン濃度を、1.0 g/l 以上で 10 g/l 以下とし、Ni イオン濃度を 5 g/l 以上で 15 g/l 以下とし、あるいは 10 g/l 以下とし、Pd イオン濃度を 0.01 g/l 以上で 0.5 g/l 以下とすることが好ましいと設定した。

【0242】

また Pd 以外の貴金属、具体的には Tc、Ru、Rh、Re、Os、Ir、Pt の場合も同様に上記したメッキ浴組成を使用すれば、高い飽和磁束密度 B_s を有すると共に耐食性にも優れた軟磁性膜を磁極層として形成することができると考えられる。

【0243】

【発明の効果】

本発明の第 1 の軟磁性膜は、Pd などの元素 α を含有する FeNi 系合金であり、前記元素 α の組成比が 1 質量%を越え、10 質量%未満である。

【0244】

このような軟磁性膜では、Ni 及び Fe により磁性が担われており、元素 α を添加することにより、Fe の組成比が同等であり元素 α を含まないものと比べて

、耐食性を向上させることができる。

【0245】

また特に、Feの組成比aを58質量%以上で77質量%以下、Niの組成比bを18質量%以上で37質量%以下、元素αの組成比cを、1質量%以上で12質量%以下とし、 $a + b + c = 100$ 質量%である第2の軟磁性膜、さらにはFeの組成比Xを65質量%以上で74質量%以下、Niの組成比Yを25質量%以上で34質量%以下、元素αの組成比Zを、1質量%以上で7質量%以下とし、 $X + Y + Z = 100$ 質量%である第3の軟磁性膜では、さらに高い飽和磁束密度Bsを得ることができると共に耐食性に非常に優れている。

【0246】

また本発明の第1の軟磁性膜の製造方法は、Pdを含有するFeNi系合金を電解メッキ法により成膜する方法であって、電解メッキ工程において、FeイオンとNiイオンを含有するメッキ浴を用い、該メッキ浴は、 $PdCl_2$ が添加されたものであり、前記メッキ浴全体に対する $PdCl_2$ の添加量が、 $0.01g/l$ 以上で $0.10g/l$ 以下である。

【0247】

このような軟磁性膜の製造方法では、 $PdCl_2$ を添加したメッキ浴を用いることにより、Pdを含有するFeNi系合金であり、Pdの組成比が1質量%を越え、10質量%未満であり、Pdを含有することにより、高い耐食性を有する軟磁性膜を製造することができる。

【0248】

また、本発明の軟磁性膜の製造方法は、Rhを含有するFeNi系合金を電解メッキ法により成膜する方法であって、電解メッキ工程において、FeイオンとNiイオンを含有するメッキ浴を用い、該メッキ浴にはRhの含有率が $100g/l$ である強酸性Rh添加液を添加して、前記メッキ浴全体に対するRh添加液の添加量が、 $0.1g/l$ 以上で $0.2g/l$ 以下である。

【0249】

このような軟磁性膜の製造方法では、強酸性Rh添加液を添加したメッキ浴を用いることにより、Rhを含有するFeNi系合金であり、Rhの組成比が1質

量%を越え、10質量%未満であり、Rhを含有することにより、高い耐食性を有する軟磁性膜を製造することができる。

【0250】

また第2、第3の軟磁性膜の製造方法では、パルス電流を用いた電気メッキ法を使用するとともに、メッキ浴中に占めるNiイオン濃度を低くすることで、攪拌効果を上げることができ、第2、第3の軟磁性膜の組成比を有する膜を容易にしかも再現性良く形成することが可能である。

【0251】

また本発明の薄膜磁気ヘッドは、下部コア層と、該下部コア層上に形成され、絶縁材料からなるギャップ層と、該ギャップ層上に形成され、良導電材料からなるコイル層と、該コイル層を覆う絶縁層と、該絶縁層上に形成された上部コア層とを有し、前記上部コア層及び下部コア層には、前記コイル層に印加された電流により記録磁界が誘導されて、前記上部コア層と下部コア層のうち少なくとも一方は、上記軟磁性膜からなる。

【0252】

このような薄膜磁気ヘッドでは、コア層とする軟磁性膜のFe組成比を上げて高飽和磁束密度Bsとしても、軟磁性膜の耐食性の劣化がないので、下部コア層、或いは／及び、上部コア層の耐食性を保持したまま、高記録密度化に対応することができる。

【0253】

また特に本発明では、下部コア層と上部コア層との間にトラック幅を有する磁極部を有する構成の薄膜磁気ヘッドである場合、前記磁極部を構成する下部磁極層及び／または上部磁極層として上記した第3の軟磁性膜を使用することで、適切に高記録密度化に対応できると共に耐食性にも優れた薄膜磁気ヘッドを容易にしかも再現性良く形成することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

薄膜磁気ヘッドの縦断面図、

【図2】

本発明の他の実施形態の薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【図 3】

図 2 の縦断面図、

【図 4】

本発明の他の実施形態の薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【図 5】

図 4 の縦断面図、

【図 6】

本発明の他の実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、

【図 7】

本発明の他の実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、

【図 8】

FeNiPd 合金の好ましい組成範囲を示すための三元図、

【図 9】

実施例 2 0 及び比較例 3 の軟磁性膜を使用して耐食性の実験を行った結果、腐食
されていない軟磁性膜の割合を示すためのグラフ、

【符号の説明】

h 2 記録用ヘッド部

G 書き込みギャップ

7 下部コア層

8 ギャップ層

9 コイル層

1 0 上部コア層

1 1 絶縁層

1 8、3 0 磁極部

1 9、3 2、5 0 下部磁極層

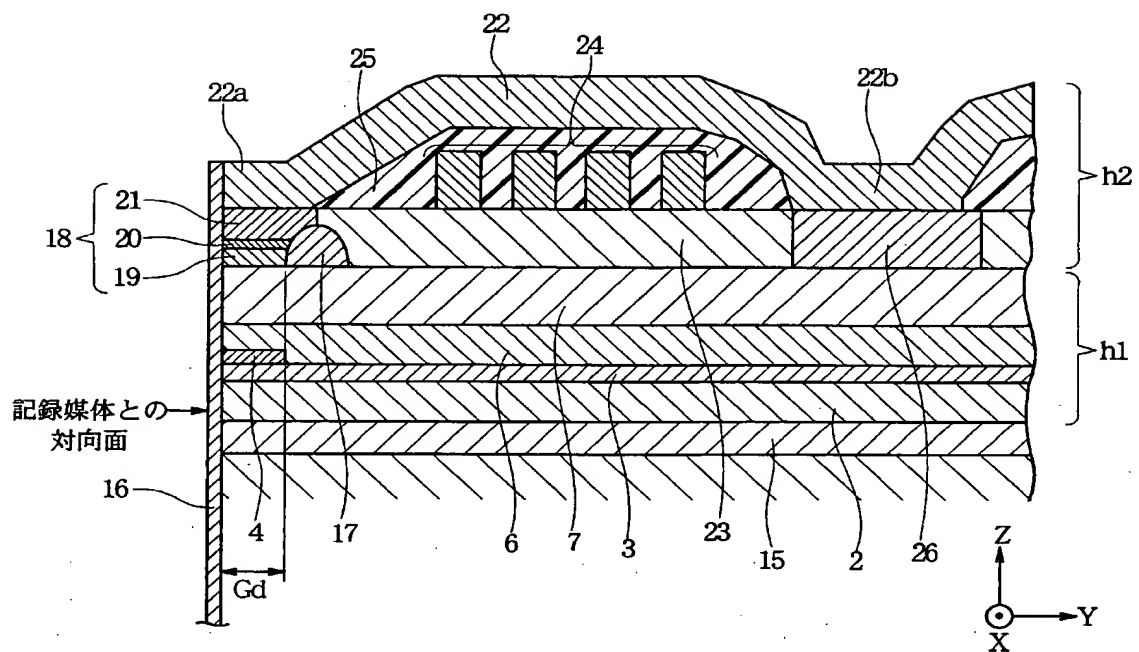
2 1、3 4 上部磁極層

4 7 高Bs層

4 8 上層

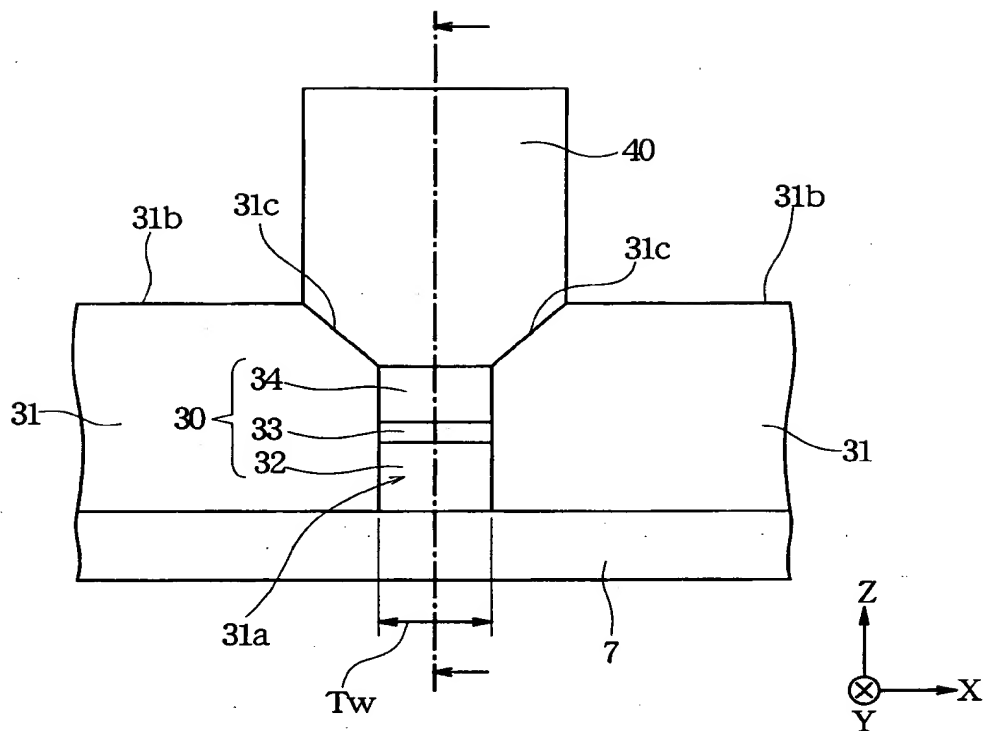
【図 3】

図 3



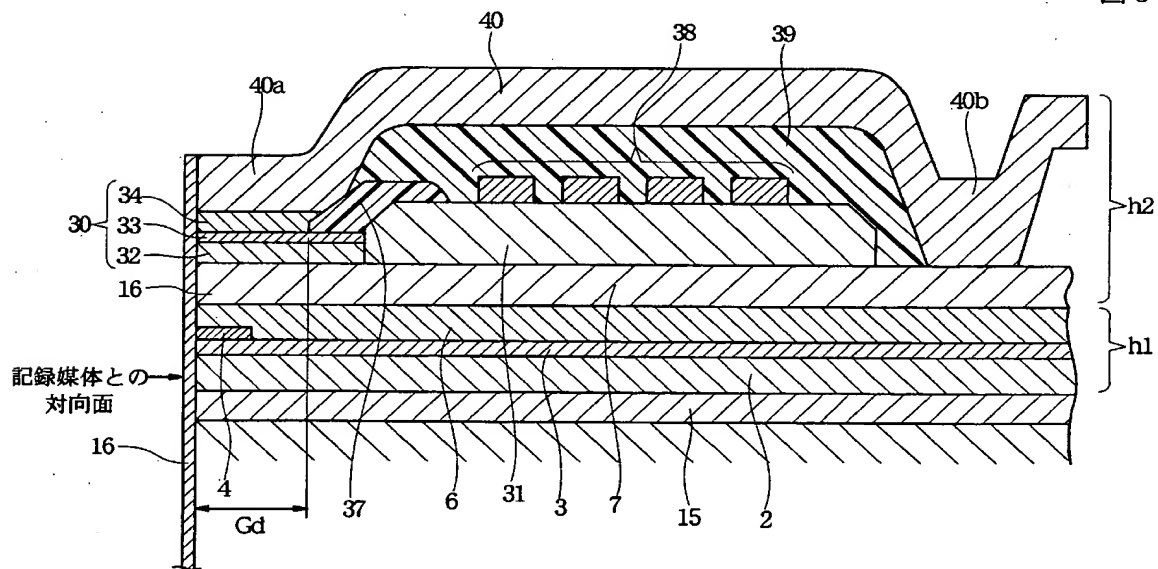
【図 4】

図 4



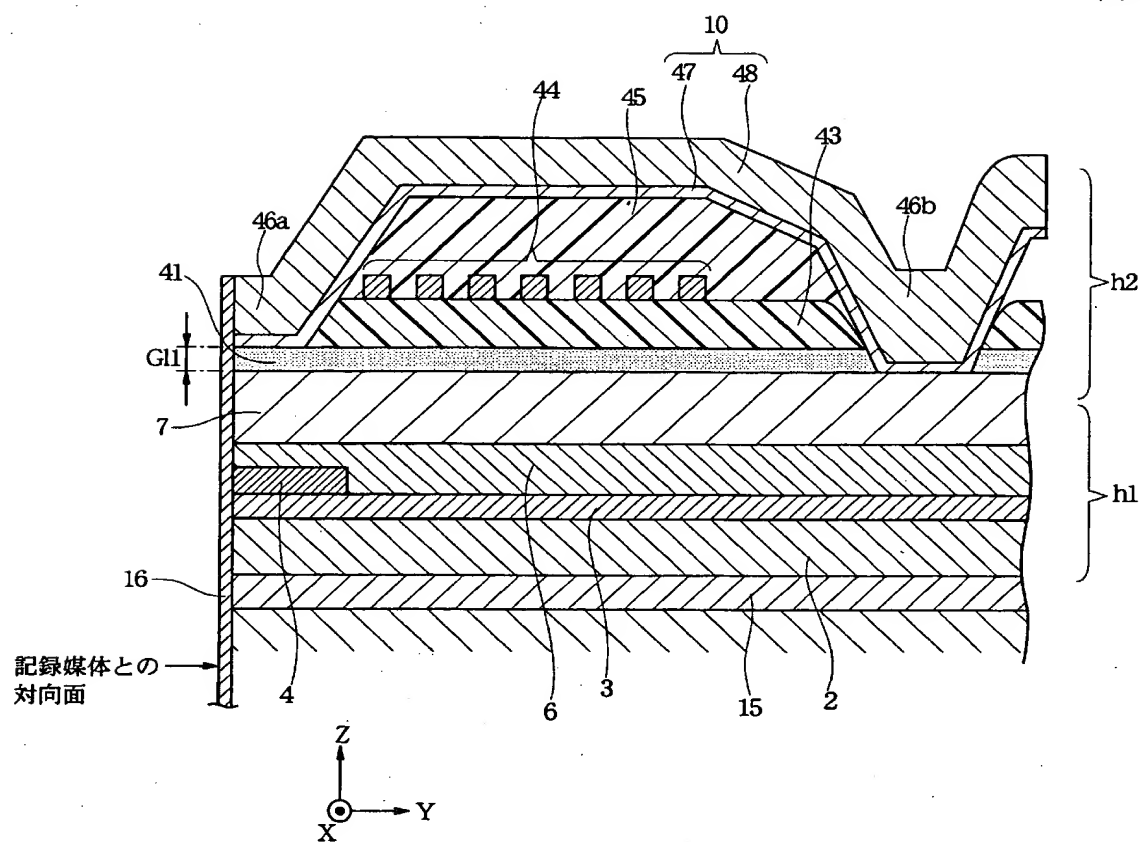
【図 5】

図 5

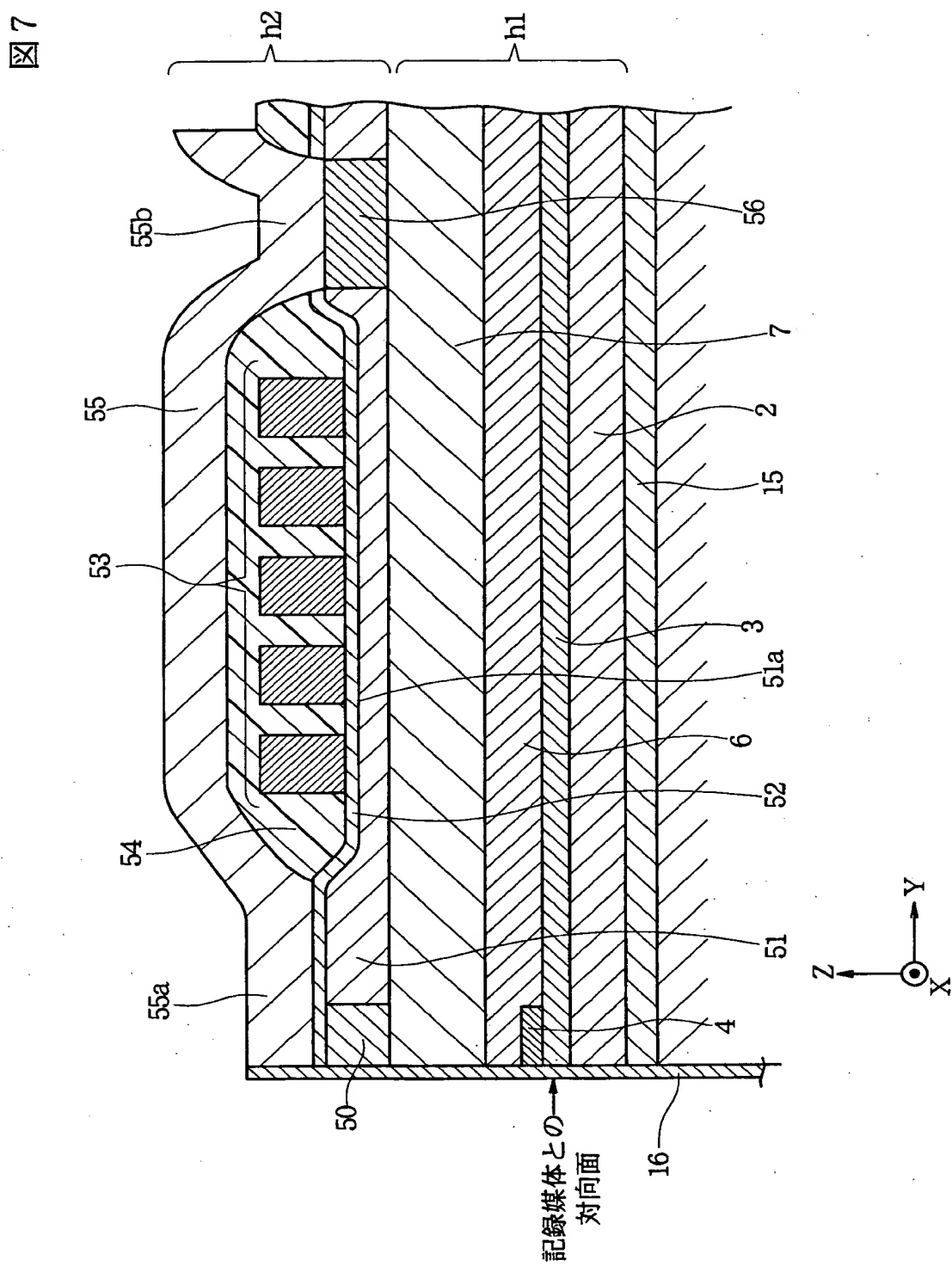


【図 6】

図 6

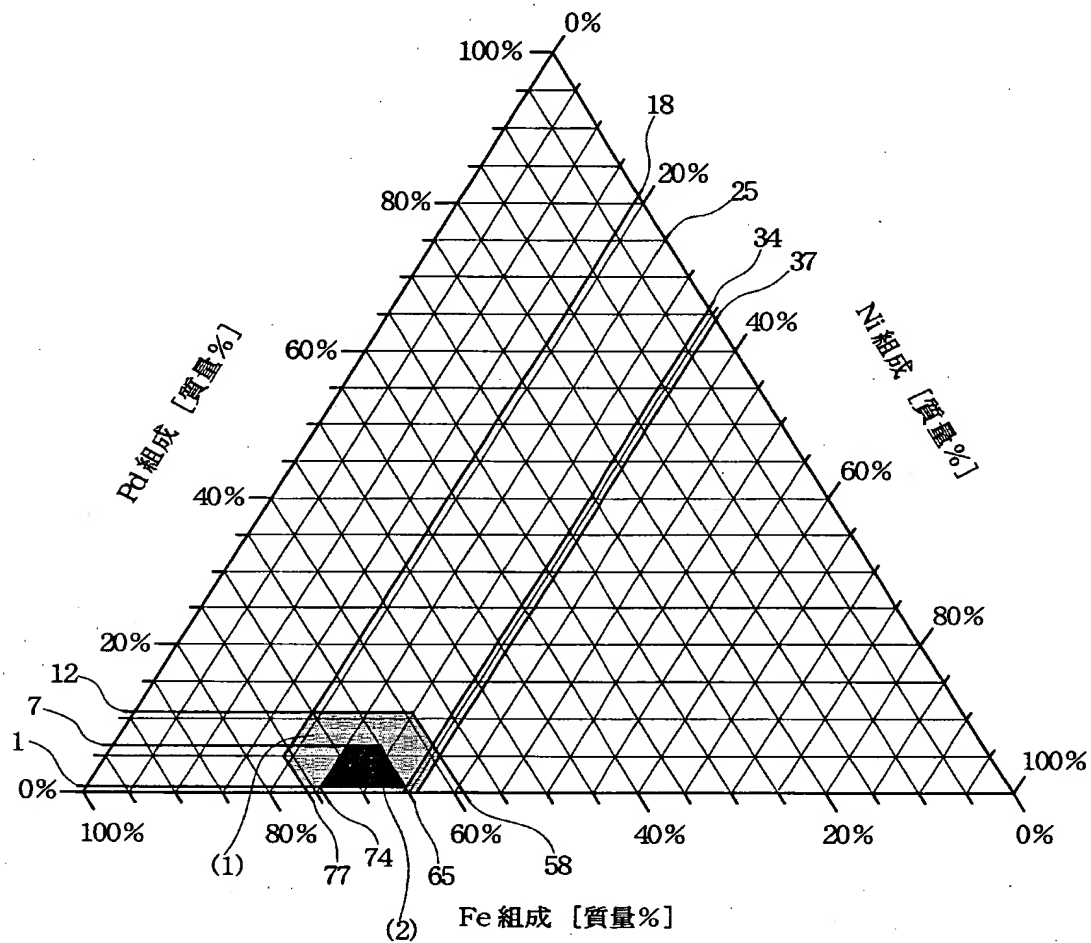


【図 7】



【図 8】

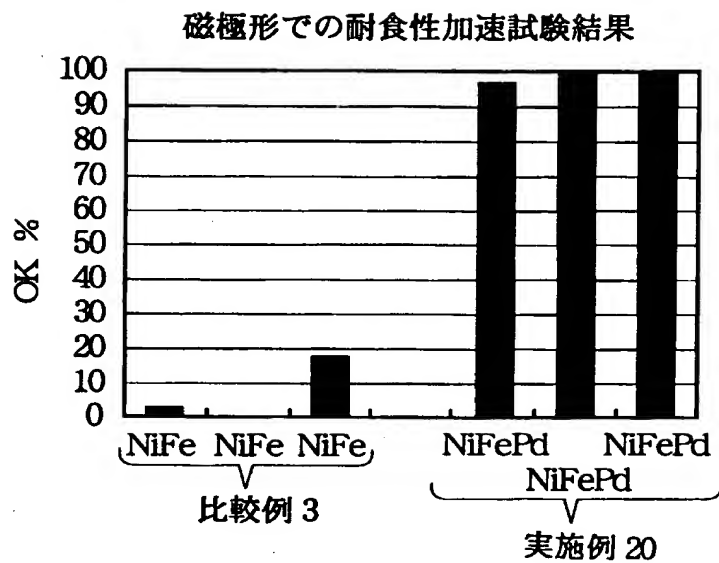
図 8



- ベタメッキ膜の望ましい範囲 Fe58~77、Ni18~37、Pd1~12 [質量%]
■ 磁極メッキ膜の望ましい範囲 Fe65~74、Ni25~34、Pd1~7 [質量%]

【図 9】

図 9



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 下部コア層及び上部コア層として使用されるNiFe合金膜では、飽和磁束密度Bsは非常に低くまた耐食性も良くなかった。

【解決手段】 下部磁極層19及び／または上部磁極層21を、組成式が $Fe_X Ni_Y \alpha_Z$ （ただし元素 α は、Tc、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Ir、Ptのうち1種または2種以上）で示され、Feの組成比Xは65質量%以上で74質量%以下、Niの組成比Yは25質量%以上で34質量%以下、元素 α の組成比Zは、1質量%以上で7質量%以下であり、 $X+Y+Z=100$ 質量%となる軟磁性膜でメッキ形成する。これにより高記録密度化に適切に対応でき耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000010098]

1. 変更年月日 1990年 8月27日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区雪谷大塚町1番7号
氏 名 アルプス電気株式会社